GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA
I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

SADRŽAJ

GOD. VI LIPANJ 1954 BROJ 3

»GRAĐEVINAR« IZLAZI 6 PUTA GODIŠNJE

Dopise i članke treba Uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, u **originalu** i jednoj kopiji, pisano s razmakom između redaka. Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.

GRAĐEVINAR

GOD. VI — LIPANJ 1954 — BROJ 3

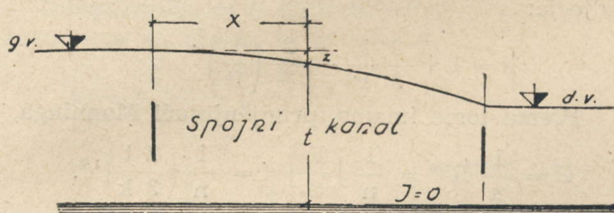
KRETANJE VODE U PRIRODNIM TOKOVIMA I KANALIMA BEZ PADA

Ing. **Dioníz Srebrenović**, Bjelovar

Prirodni tokovi i kanali bez pada kao hidrotehnički objekti nalaze svoju primjenu u slučajevima, kada je moguće tečenje u dva smjera. Ovo su obično spojni kanali dvaju recipijenata. čiji se vodni nivoi, što je sasvim prirodno, stalno mijenjaju, pa time i propusna moć samih kanala. Razumljivo je da kod takovih objekata ne može da nastane slučaj jednolikog tečenja. Ovdje imademo stalnu pojavu tečenja pod depresijom, što znači da idući duž toka nastaje sniženje dubina vode u kanalu, smanjenje omočenog profila i povećanje brzina.

Naša ćemo razmatranja početi osnovnom diferencijalnom jednodžbom neravnomjernog kretanja

$$(1) \qquad \frac{dz}{dx} = -\frac{\alpha}{g}\frac{Q^2}{F^3}\frac{dF}{dx} + \frac{Q^2 O}{F^3 c^2}.$$



Skica 1.

Oznake u ovoj jednadžbi. ukoliko nisu uočljive iz same skice, možemo obrazložiti ovako:

α . . . Coriolisov koeficijent, koji predstavlja uticaj neravnomjernosti rasporeda brzina u presjeku na kinetičku energiju toka. Brojna mu se vrijednost mijenja u granicama 1,06 do 1,13. Razumljivo je, da α raste s razlikom brzina u profilu u odnosu na srednju brzinu presjeka, no ne kreće se, kako vidimo, u širokim granicama. U daljem računanju uzet ćemo po St. Venantu

$$\alpha = \frac{10{,}0}{9} = 1{,}11;$$

Q . . . vodna količina,

F . . . omočeni profil položen okomito na presjek kretanja,

O . . . okvašeni obim,

g . . . ubrzanje sile teže = 9,81 m/sek^2,

c . . . Chezyjev koeficijent.

Rješavanje jednadžbe (1) uslovljuje sam praktični zadatak, koji stoji pred nama. Nije rijedak slučaj, da se predviđaju široke ravne inundacije kao spojni kanali. Primjerice, spojni kanal u Lonjskom polju kod Jasenovca, koji će vezati odušni kanal sa Savom, bit će prostrana ravna površina, čiji će profil biti oformljen samo nasipima. Jasno je, da se takav presjek može dobro prikazati pravokutnikom širine b i dubine t. Tada je:

$$O = b + 2t, \quad F = bt, \quad \frac{dx}{dF} = b\,\frac{dt}{dx}, \quad F^3 = b^3 t^3.$$

Supstituirajući ove veličine u jednadžbu(1) imademo za $dz = -dt$ (jer je pad jednak nuli):

$$dt = \frac{\alpha Q^2}{gb^2}\frac{dt}{t^2} - \frac{Q^2}{b^3 c^2}\frac{b+2t}{t^3}\,dx\,.$$

Iako se integriranje ove jednadžbe može provesti bez teškoća, smatramo ipak potrebnim da se provede aproksimacija u računanju O = b. Kod širokih profila je svrsishodnost ovakovog aproksimiranja bez komentara. Prema tome dobivamo

$$dt = \frac{\alpha Q^2}{g\,b^2}\frac{dt}{t^2} - \frac{Q^2}{b^2 c^2 t^3}\,dx\,.$$

Zahvaljujući Manningovom obrascu

$$c = \frac{1}{n}\,R^{1/6}, \text{ gdje je:}$$

n . . . koeficijent hrapavosti određen prema Ganguillet-Kutterovim tabelama,

R . . . hidraulički radius,

može se C prikazati na prilično prost način u relaciji s *t*, jer je:

$$R = \frac{F}{O} \text{ ili, u našem slučaju,}$$

$$R = t, \text{ dakle } C = \frac{1}{n}\,t^{1/6}\,.$$

U nastavku računanja imademo:

$$dt = \frac{\alpha}{g}\frac{Q^2}{b^2 t^3}\,dt - \frac{Q^2 n^2}{b^2 t^{10/3}}\,dx \text{ i dalje}$$

$$dx = \frac{\alpha}{g}\frac{t^{1/3}}{n^2}\,dt - \frac{b^2 t^{10/3}}{Q^2 n^2}\,dt\,.$$

Kada ovu diferencijalnu jednadžbu integriramo u granicama x_1, t_1 i x_2, t_2 dobivamo:

$$x_1 - x_2 = \frac{3}{4}\frac{\alpha}{g}\frac{(t_1^{4/3} - t_2^{4/3})}{n^2} - \frac{3}{13}\frac{b^2}{Q^2 n^2}(t_1^{13/3} - t_2^{13/3})$$

ili:

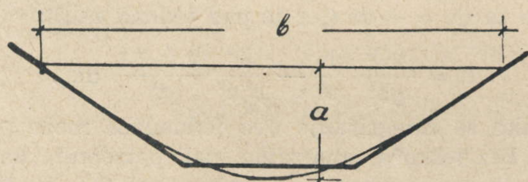
$$(2) \quad x_1 - x_2 = 0{,}0849\,\frac{(t_1^{4/3} - t_2^{4/3})}{n^2} - 0{,}2308\,\frac{b^2}{Q^2 n^2}(t_1^{13/3} - t_2^{13/3}).$$

Dosada smo promatrali depresionu krivulju u širokom pravokutnom profilu. No na reguliranom

profilu vodotoka ili kanala teško da se može uvijek ovakav slučaj dobro primijeniti. Ovdje obično dajemo protičnom profilu oblik jednostavnog trapeza, a često i dvostrukog ili trostrukog trapeza (dimenzioniranog za karakteristične vodne količine). Nije rijedak slučaj, naročito kod većih recipijenata, da se profilu daje izlomljen pokos s nagibima, koji rastu idući prema razini terena, u cilju smanjenja djelovanja pokretne snage vode na strane korita.

Svi ovi oblici profila, iako predstavljeni više ili manje jednostavnim matematskim odnosima, nisu podesni bez aproksimacija za razradu osnovne diferencijalne jednadžbe(1), jer bi njeno integriranje bilo vrlo teško.

Nema sumnje da se navedeni oblici dadu dobro prikazati parabolom, koja im se može uz izvjesne postavke dobro akomodirati.



Skica 2.

Zamjenjujuća parobola jednostavnom trapeznom profilu određuje se sa pretpostavkom iste površine *F* i širine vodnog lica *b*. Ako je *a* maksimalna dubina paraboličnog presjeka, a *P* parametar, tada je:

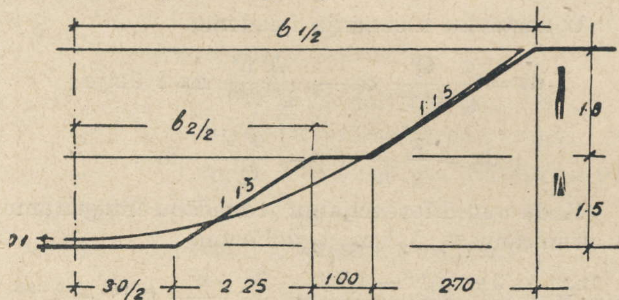
$$\frac{b^2}{4} = P\,a, \quad F = \frac{2}{3}\,b\,a,$$

$$a = \frac{3}{2}\,\frac{F}{b}, \quad P = \frac{b^3}{6F}.$$

To znači, da je jednadžba zamjenjujuće parabole u takvom slučaju:

$$y^2 = P\,x = \frac{b^3}{6F}\,x\,.$$

Kod složenijih trapeznih oblika ovaj se parametar određuje na sličan način. Pokazat ćemo taj postupak na jednom primjeru:



Skica 3.

Spojni kanal Biđ-Sava ima profil kakav je prikazan na gornjoj skici. Naznače li se širine vodnog lica b_1, b_2, a odgovarajuće površine profila F_1, F_2, tada dobivamo:

$$b_1 = 14{,}9\ \text{m}, \quad F_1 = 29{,}84\ \text{m}^2,$$
$$b_2 = 7{,}5\ \text{m} \quad F_2 = 7{,}88\ \text{m}^2,$$

$$P_1 = \frac{6\,.\,29{,}84}{14{,}93} = 18{,}48\ \text{m}, \quad P_2 = \frac{7{,}5^3}{6\,.\,7{,}88} = 8{,}93\ \text{m},$$

$$P = \frac{\Sigma P}{2} = 13{,}7\ \text{m};$$

jednadžba parabole je, dakle,

$$y^2 = 13{,}7\,x,$$

a bit će situirana u profil prema ovom računu:

$$a_1' + 3{,}3 = \frac{3\,.\,29{,}84}{2\,.\,14{,}9} = 3{,}01, \quad a_1' = -0{,}29\ \text{m},$$

$$a_2' + 1{,}5 = \frac{3\,.\,7{,}88}{2\,.\,7{,}5} = 1{,}58, \quad a_2' = +0{,}08\ \text{m},$$

$$a' = \frac{\Sigma a}{2} = -0{,}10\ \text{m}.$$

Prema tome se dno zamjenjujuće parabole nalazi 0,10 m iznad dna zadanog profila.

Ovim smo pokazali način na koji se dobro dadu parabolom prikazati mnogi vještački profili. Sada nam ostaje da u temeljnu jednadžbu nejednolikog kretanja uvrstimo parabolične odnose:

$$b = 2\sqrt{P\,t}, \quad F = \frac{2}{3}\,b\,t = \frac{4}{3}\sqrt{P\,t}\;t, \quad O = b\,k = 2\sqrt{P\,t}\;k,$$

gdje je:

$$k = 1 + \frac{2}{3}\,\frac{t}{P} - \frac{2}{5}\left(\frac{t}{P}\right)^2.$$

Prema tome imamo, primjenjujući Manninga,

$$C = \frac{1}{n}\,R^{1/6} = \frac{1}{n}\left(\frac{F}{O}\right)^{1/6} = \frac{1}{n}\left(\frac{2\,t}{3\,k}\right)^{1/6}.$$

Nema sumnje, da bi naše daljnje izvode mnogo pojednostavnili, kada bi usvojili kao dopustivu aproksimaciju $O = b = 2\sqrt{Pt}$. Ona se inače vrlo često susreće u hidrauličkim izvodima (Tolkmitt). Ali to nije uvijek oportuno; to ćemo dokazati.

Označimo li drugi član desnog dijela jednadžbe (1), koji prikazuje pad pritiska zbog trenja, sa A, dakle

$$A = \frac{Q^2\,O}{F^3\,C^2} = \frac{Q^2\,O^{4/3}\,n^2}{F^{4/3}}$$

i diferenciramo li ga po O, dobivamo

$$dA = \frac{4}{3}\,\frac{Q^2\,n^2}{F^{4/3}}\,O^{1/2}\,dO, \quad \text{ili}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{4}{3}\,\frac{\Delta O}{O}.$$

S približenjem vrijednosti $O = b$, umjesto $O = b\,k$, proizlazi da je $\Delta O = b\,(k-1)$, odnosno

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{4}{3}\,\frac{b\,(k-1)}{b\,k} = \frac{4}{3}\,\frac{k-1}{k}.$$

Iz ovog izvoda jasno proizlazi, da je za male vrijednosti *k*, dakle za sasvim neznatne veličine $\frac{P}{t}$, gornja aproksimacija još moguća. Iz primjera spojnog kanala Biđ-Sava, čiji smo profil prethodno

prikazali, vidjet ćemo da to nije preporučljivo. Za $t = 3{,}20$ (do razine terena) je $\frac{t}{P} = \frac{3{,}20}{13{,}7} = 0{,}23$, odnosno $k = 1 + \frac{2}{3}\,0{,}23 - \frac{2}{5}\,(0{,}23)^2 + = 1{,}13$.

Nadalje $\frac{\triangle A}{A} = \frac{4}{3}\,\frac{1{,}13 - 1}{1{,}13} = 0{,}153$.

A to znači, da bi aproksimirajući O = b u našem slučaju učinili grešku kod člana A veličine $\triangle A = 15{,}3\%$ A, a to više nije praktično nezamjetljivo!

Nastavljajući naše računanje, imat ćemo prema već iznesenom

$$F^3 = \frac{64}{27}\,P^{3/2}\,t^{9/2},\quad \frac{dF}{dx} = 2\,P^{1/2}\,t^{1/2}\,dt.$$

Uvrstimo li sve ove odnose u jednadžbu(1), dobivamo uz $dz = -dt$

$$-\frac{dt}{dx} = -\frac{27}{32}\,\frac{\alpha\,Q^2}{P_g\,t^4}\,\frac{dt}{dx} + \frac{27}{32}\,\frac{(\;\;)^{-2}\,k^{4/3}}{\sqrt{\frac{2}{3}}\;P t^{13/3}}$$

$$dx = \sqrt[3]{\frac{2}{3}}\,\frac{\alpha\,t^{1/3}}{g\,n^2\,s}\,dt - \frac{32}{27}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}\,\frac{P\,t^{13/3}}{Q^2\,n^2\,s}\,dt,$$

jer smo označili $S = K^{4/3}$.

Integrirajući ovu diferencijalnu jednadžbu u granicama x_1, t_1 i x_2, t_2, dobivamo:

$$x_1 - x_2 = \frac{3}{4}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}\,\frac{\alpha}{g\,n^2\,S}\,(t_1^{4/3} - t_2^{1/3} - $$

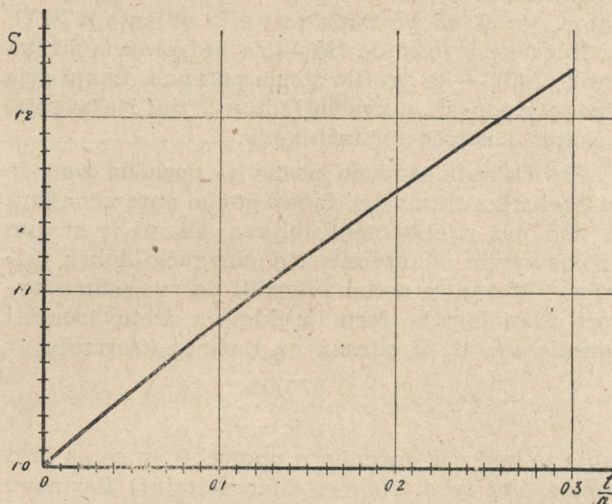
$$- \frac{2}{9}\sqrt[3]{\frac{2}{3}}\,\frac{P}{Q^2\,n^2\,S}\,(t_1^{16/3} - t_2^{16/3})$$

ili:

$$x_1 - x_2 = 0{,}0741\,\frac{(t_1^{4/3} - t_2^{4/3})}{n^2\,S} \tag{3}$$

$$-\,0{,}1941\,\frac{P}{Q^2\,n^2\,S}\,(t_1^{16/3} - t_2^{16/3})$$

Faktor $S = k^{4/3} = (1 + \frac{2}{3}\,\frac{t}{P} - \frac{2}{5}\left(\frac{t}{P}\right)^2 + \ldots)^{4/3}$ određujemo prema grafikonu $S = f\left(\frac{t}{P}\right)$. Taj nam omogućuje brzo očitovanje veličine S sa točnosti, koja praktično zadovoljava.



Odnose $t^{4/3}$, $t^{13/3}$, $t^{16/3}$ sam proračunao i tabelarno prikazao.

Time je omogućeno brzo postupno proračunavanje depresione krivulje.

t	$t^{4/3}$	$t^{13/3}$	$t^{16/3}$	t	$t^{4/3}$	$t^{13/3}$	$t^{16/3}$	t	$t^{4/3}$	$t^{13/3}$	$t^{16/3}$	t	$t^{4/3}$	$t^{13/3}$	$t^{16/3}$	t	$t^{4/3}$	$t^{13/3}$	$t^{16/3}$
				1.00	1.000	1.000	1.000	2.00	2,520	20.16	40,32	3,00	4,327	116,82	350,5	4,00	6,349	406,4	1625,5
				1.05	1.067	1.235	1.297	2.05	2,604	22,43	45,99	3,05	4,423	125,50	382,8	4.05	6,456	428.9	1736,9
0.10	0.0464	0.0000	0,0000	1.10	1.136	1.511	1.662	2.10	2,689	24,91	52,30	3,10	4,520	134,66	417.4	4,10	6,562	452,3	1854,2
0.15	0.0797	0.0002	0,0000	1.15	1.205	1,832	2.107	2.15	2,775	27,58	59,29	3.15	4,618	144,32	454,6	4,15	6,669	476,7	1978,1
0.20	0.1170	0.0009	0,0002	1.20	1.275	2.203	2.644	2.20	2.861	30,47	67,03	3.20	4,716	154,5	494,5	4,20	6.776	502,1	2108,6
0.25	0.1575	0.0025	0,0006	1.25	1.347	2.630	3,287	2.25	2,948	33,58	75,56	3.25	4,814	165,3	537.1	4,25	6.884	528,5	2246,0
0.30	0.2008	0.0054	0.0016	1.30	1.419	3.117	4.052	2.30	3,036	36,94	84,96	3,30	4,913	176,6	582,6	4,30	6,992	556,0	2390,6
0.35	0.2467	0.0106	0.0037	1.35	1.492	3,671	4,956	2.35	3,124	40,55	95,29	3,35	5,012	188,4	631,3	4,35	7,101	584,5	2542,6
0.40	0.2947	0.0189	0.0075	1.40	1.566	4,298	5,017	2.40	3,213	44,42	106,6	3,40	5.113	201.0	683,2	4,40	7,210	614,2	2702,3
0.45	0.3448	0.0314	0.0141	1.45	1.641	5,003	7.255	2.45	3,303	48,57	119,0	3,45	5,213	214,1	738,5	4,45	7,320	645,0	2870,3
0.50	0.3969	0.0496	0.0248	1.50	1.717	5,795	8,693	2.50	3,393	53,02	132,5	3,50	5,314	227.9	797.4	4,50	7,429	677,0	3046,4
0.55	0.4506	0.0750	0.0412	1.55	1.794	6,680	10,35	2.55	3,484	57,77	147,3	3,55	5,416	242,3	860,1	4,55	7,539	710,2	3231,3
0.60	0.5061	0.1093	0.0656	1.60	1.871	7.665	12,26	2.60	3,575	62,83	163,4	3,60	5,517	257,4	926,7	4,60	7,650	744,7	3425,5
0.65	0.5630	0.1546	0.1005	1.65	1.950	8,758	14,45	2.65	3,667	68,25	180,9	3,65	5,620	273,3	997,4	4,65	7,761	780,3	3628,5
0.70	0.6217	0.2132	0.1492	1.70	2,029	9.968	16,95	2.70	3,759	74.00	199,8	3,70	5,723	289,9	1072,5	4,70	7,873	817,4	3841,8
0.75	0.6814	0.2875	0.2156	1.75	2.109	11.30	19.78	2.75	3,853	80,12	220,3	3.75	5,826	307.2	1152,1	4,75	7,985	855,7	4064,5
0.80	0.7427	0.3802	0.3042	1.80	2,190	12.77	22.98	2.80	3,946	86,63	242,6	3.80	5.930	325,4	1236,4	4,80	8,097	895,4	4298.1
0.85	0.8052	0.4945	0.4204	1.85	2,271	14,38	26,60	2.85	4,041	93,53	266,6	3,85	6,034	344,3	1325,7	4,85	8,210	936.6	4542,3
0.90	0.8689	0.6341	0.5701	1.90	2,353	16,14	30,67	2.90	4,136	100,86	292,5	3,90	6.139	364.1	1420,1	4,90	8,323	979,2	4798,0
0.95	0.9339	0.8007	0.7606	1.95	2,436	18,06	35,22	2.95	4,231	108,61	320,4	3,95	6.244	384.8	1520,1	4,95	8,436	1023,2	5065,0
1.00	1.0000	1.0000	1.0000	2.00	2,520	20,16	40,32	3.00	4,327	116,82	350,5	4.00	6,349	406,4	1625,5	5,00	8,550	1068,7	5343,6

Kod proračunavanja depresionih krivulja (promjene pada slobodne površine) vodotoka s niveletom dna bez pada upotrebljavamo obično formulu:

$$\triangle x = \left(\triangle z - \frac{Q^2}{g} \frac{F_o - F_n}{F_m^3} \right) : \left(\frac{Q}{c_m} \right)^2 \frac{O_m}{F_m^3}$$

(vidi Streck: Zadaci iz hidrotehnike, str. 176). Njime se, postupnim putem suponirajući $\triangle z$, dolazi do rješenja zadataka, — dakako da točnost rješavanja ovisi o veličini pretpostavljenog intervala $\triangle z$. Što je interval $\triangle z$ manji, to je točnost veća, ali i rad duži. Sam je proračun obično vrlo dugotrajan, monoton, jer se od profila do profila mijenjaju F, O, c. Stoga naše formule (2) — za pravokutna široka korita i (3) — za profile slične paraboli, imaju očigledne prednosti, u prvom redu u brzini rješavanja, a potom i u točnosti računanja.

Pri razradi osnovne postavke poslužio sam se za koeficijent brzine c Manningovim obrascem, koji se kod nas rijetko upotrebljava, ali mi je svojim jednostavnim odnosom *n* i *R* omogućio dobru primjenu. Možda će netko ustvrditi da ova jednostavnost Manningove formule ide na štetu točnosti određivanja C. U odnosu na Bazinovu formulu

$$c = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

(koja je kod nas općenito u upotrebi), to se na prvi pogled čini tako. Naime, diferencirajući Bazinovu formulu po njegovom koeficijentu hrapavosti γ, dobivamo

$$\triangle c = - \frac{c(87 - c)}{87} \frac{\gamma}{\triangle \gamma}$$

a sličnim postupkom za Manningovu formulu

$$\triangle c = - \frac{\triangle n}{n}$$

iz čega jasno slijedi, da procentualno ista greška $\triangle \gamma$ ili $\triangle n$ u odabiranju γ odnosno n rezultira manjom greškom u računanju Chezyjeva koeficijenta c po Bazinu. To daje prividne prednosti Bazinovoj formuli. No moramo sada naglasiti činjenicu, da Bazin daje s a m o šest kategorija hrapavosti strana korita prema Ganguillet-Kutteru (odnosno Manningu), koji daju 16 kategorija stepena hrapavosti sa još daljnjim nizom dobro opisanih diferencijacija. Ta konstatacija nesumnjivo očito govori u prilog tvrdnji, da postoji kudikamo veća vjerojatnost boljeg odabiranja *n* kod Maninnga nego γ kod Bazina i dosljedno tome barem jednako točnog određivanja *c*. Stoga sam Manningovu formulu koristio bez rezerve, ponavljajući konačno, da se koeficijent hrapavosti *n*, koji u finalnim odnosima (2) i (3) predstavlja važan faktor, dade v r l o t o č n o odrediti za pojedine slučajeve prema Ganguillet-Kutterovim tabelama.

Nešto od primjene formula pokazat ću na dva primjera:

P r i m j e r 1. Spojni kanal Sava — odušni kanal u Lonjskom polju kod Jasenovca bit će dug 4 800 m. On ne će imati iskopani vještački profil; tek će biti formiran popratnim nasipima, tako da će mu širina biti 800 m. Zemljište na kojem će kanal biti izveden dio je današnje savske inundacije, koja nema izrazitog pada ni u jednom smjeru, a na ovom mjestu ima prosječnu kotu 92,0 m n. J. m. Tlo je obrašteno. Koliki je protok Q ovim kanalom kod vodostaja Save u Jasenovcu 93,50 m n. J. m .(na utoku spojnog kanala), ako je vodni nivo na kraju spojnog kanala za 0,50 m viši t. j. na koti 94,00 m n. J. m. u odušnom kanalu?

Kako se radi o širokom pravokutnom profilu, može se primijeniti formula (2):

$$x_1 - x_2 = 0{,}0849 \frac{(t_1^{4/3} - t_2^{4/3})}{n^2} -$$

$$- 0{,}2308 \frac{b^2}{Q^2 n^2} (t_1^{13/3} - t_2^{13/3}).$$

Supstinirajući za $t_1 = 93{,}50 - 92{,}00 = 1{,}50$ m; $t_2 = 94{,}00 - 92{,}00 = 2{,}00$ m; $x_1 - x_2 = 4\,800$ m, $b = 800$ m; $n = 0{,}15$, dobivamo

$$4\,800 = 0{,}049 \frac{(1{,}50^{13/3} - 2{,}00^{13/3}).}{0{,}15^2} -$$

$$- 0{,}2308 \frac{800^2}{Q^2\, 0{,}15^2} 1{,}50^{4/3} - 2{,}00^{4/3})$$

Razlike u zagradama možemo lako izračunati iz tabela, pa imamo:

$$Q^2 = \frac{0{,}2308 \times 800^2 \times 17{,}66}{4\,800 \times 0{,}15^2 + 0{,}0849 \times 4{,}078} \cdot = 24\,077.$$

Protok je dakle

$$Q = 155{,}2 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

P r i m j e r 2. Spojni kanal Sava—Biđ kod Oprisavaca imat će dužinu 3 450 m. To će biti kanal bez pada s kotom dna 82,0 m n. J. m. i poprečnim profilom već opisanim u ovom elaboratu. Kanal će biti obložen lomljenim kamenom u cementu, dok će mu na kraju biti izgrađen upusni objekt u Biđ. Ako ova ustava kod kote gornje vode 84,15 m n. J. M. ima propusnu moć 17,0 m³/sec, pita se:

a) kod koje će se kote vodnog ogledala r. Save kod spojnog kanala moći realizirati ovakovo tečenje i

b) kako će izgledati njegova depresiona krivulja u ovom spojnom kanalu?

Prema odnosu (3):

$$x_1 - x_2 = 0{,}0741 \frac{(t_1^{4/3} - t_2^{4/3})}{n^2 S} -$$

$$- 0{,}1941 \frac{P}{Q^2 n^2 S} (t_1^{16/3} - t_2^{16/3}),$$

za

$$t_1 = 84{,}15 - 82{,}00 - 0{,}10 = 2{,}05 \text{ m},$$

$$x_1 - x_2 = 3\,450 \text{ m},\ n = 0{,}02,\ Q = 17{,}0 \text{ m}^3/\text{sec},$$

$P = 13{,}7$, i nadalje za $\frac{t}{P} = 0{,}18$ je iz grafikona $S = 1{,}14$, pa imamo:

$$3\,450 = 0{,}0741 \; \frac{(2{,}05^{4/3} - t_2^{4/3})}{0{,}02^2 \times 1{,}14} -$$

$$- 0{,}1941 \; \frac{13{,}7}{17{,}0^2 \times 0{,}02^2 \times 1{,}14} \; (2{,}05^{16/3} - t_2^{16/3})$$

ili

$$t_2^{16/3} - 8{,}053 \; t_2^{4/3} = 196{,}00.$$

Rješenje se vrlo brzo dobiva pokusnom metodom uz pomoć naših tabela. Dakle:

Za $t_2 = 2{,}75$:

$$220{,}3 - 8{,}053 \times 3{,}853 = 189{,}3 < 196{,}0;$$

za $t_2 = 2{,}80$:

$$242{,}6 - 8{,}053 \times 3{,}946 = 210{,}8 > 196{,}0.$$

Interpoliranjem vrijednosti dobivamo

$$t_2 = 2{,}77 \text{ m}.$$

Prema tome će tražena kota vodnog lica r. Save biti

$$82{,}00 + 0{,}10 + 2{,}77 = \underline{84{,}87 \; m \; n. \; J. \; m.}$$

Jednadžbu (3) možemo pisati, ako je $X = (t_1^{4/3} - t_2^{4/3})$, $Z = (t_1^{16/3} - t_2^{16/3})$, i ovako:

$$\triangle x = 0{,}0741 \; \frac{X}{n^2 S} - 0{,}1941 \; \frac{Z\;P}{Q^2 n^2 S} \quad \text{ili,}$$

uvrstivši poznate vrijednosti,

$$\triangle x = 185{,}3 \; \frac{X}{S} - 23{,}0 \; \frac{Z}{S}$$

Depresionu krivulju izračunat ćemo po intervalima $\triangle t = 0{,}10$ m. Tada prema prethodnoj jednadžbi, tabelama za određivanje X i Z i grafikonu krivulje $S = f\left(\frac{t}{P}\right)$ imademo:

Kota vodnog lica	t	$\frac{t}{P}$	S	X	$185{,}3 \frac{X}{S}$	Z	$23{,}0 \frac{Z}{S}$	$\triangle x$	$\Sigma \triangle x$
84,15	2,05								
		0,15	1,12	0,171	28,3	13,30	273,1	244,8	244,8
84,25	2,15								
		0,16	1,13	0,173	28,4	16,27	331,2	302,8	547,6
84,35	2,25								
		0,16	1,13	0,176	28,9	19,73	401,6	372,7	920,3
84,45	2,35								
		0,17	1,14	0,179	29,1	23,7	478,2	449,1	1369,4
84,55	2,45								
		0,18	1,14	0,181	29,3	28,3	588,5	559,2	1928,6
84,65	2,55								
		0,19	1,15	0,183	29,5	33,6	672,0	642,5	2571,1
84,75	2,65								
		0,19	1,15	0,186	29,9	39,4	782,8	752,9	3324,0
84,85	2,75								
84,87									3450,0

Time je depresiona krivulja određena.

NUMERIČKO IZRAČUNAVANJE NAPREZANJA U TLU ISPOD JEDNOLIČNO OPTEREĆENE BESKONAČNE TRAKE, UZ UPOTREBU TABELA

Ing. **Branko Ladanji**

A. Općenito

Izračunavanje naprezanja u tlu ispod opterećenih površina je problem koji se vrlo često susreće u geotehničkoj praksi. Određivanje veličine i raspodjele naprezanja u tlu polazna je točka većine geostatičkih analiza, a osnov je svakog proračuna slijeganja fundamenata.

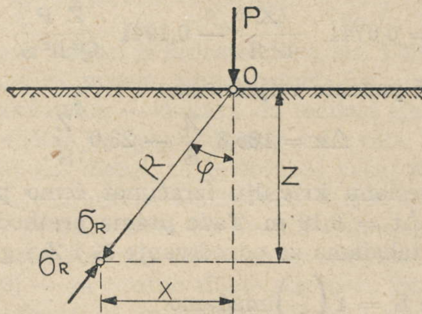
Računanje naprezanja u tlu, ukoliko se ne primijeni neka približna metoda, temelji se radovito na izvodima francuskog učenjaka Boussinesq-a. Boussinesq (Paris 1885) je postavio osnovne jednadžbe za računanje naprezanja u bilo kojoj točki homogenog, izotropnog i elastičnog beskonačnog poluprostora uslijed djelovanja pojedinačne sile. Njegove jednadžbe vrijede uz uslov da u tom poluprostoru vrijedi Hooke-ov zakon, a elasticitet materijala i Poissonov koeficijent su u svim smjerovima poluprostora konstantni.

Za Poissonov broj $m = 2$ stanje naprezanja postaje linearno, t. j. postoji samo jedno glavno naprezanje σ_R, usmjereno prema hvatištu sile. U nijednoj tačci ovog elastičnog izotropnog i vrlo slabo rastezljivog poluprostora ne mogu nastupiti vlačna naprezanja. Michell (London 1900) je pokazao da princip linearnog rasprostiranja naprezanja vrijedi približno i za materijale sa $2 < m < 4$, dakle i za većinu normalnih vrsta tla.

B. Računanje naprezanja po Fröhlichu

O. K. Fröhlich (Wien 1933) je izvršio transformaciju Boussinesq-ovih jednadžbi u namjeri da rezultate računa što više približi stvarnom stanju

raspodjele naprezanja u tlu, kakovo je ustanovljeno u nizu izvršenih mjerenja na terenu i u laboratoriju. On polazi od Boussinesq-ove jednadžbe za σ_R, uzevši Poissonov broj $m = 2$, što odgovara slabo rastezljivom materijalu i dobiva (sl. 1):



Slika 1.

$$\sigma_R = \frac{3}{2}\frac{P}{\pi R^2}\cos\varphi \qquad (1)$$

Da bi omogućio mijenjanje koncentracije naprezanja ispod tereta po potrebi, uveo je Fröhlich u ovu formulu faktor koncentracije n, zamijenivši izraz 3 $\cos\varphi$ sa $n \cos^{n-2}\varphi$, pa sa $R = z/\cos\varphi$ dobiva:

$$\sigma_R = \frac{nP}{2\pi z^2}\cos^n\varphi \qquad (2)$$

Faktor koncentracije n je statički neodređena veličina, čijom se primjenom polučuje povoljno koncentriranje naprezanja u tlu ispod osovine opterećenja. On daje mogućnost da se računanje naprezanja uskladi s rezultatima empirijskih mjerenja faktičnih naprezanja u tlu.

Kod $n = 3$ prelaze Fröhlichove jednadžbe u Boussinesq-ove jednadžbe elastičnog izotropnog poluprostora. Kod velikog n, naprezanja su više koncentrirana oko osovine tereta. Kada n raste od 3 do 6, povećavaju se naprezanja u osovini tereta i u njenoj neposrednoj okolini, dok se u daljim zonama umanjuju.

Na veličinu faktora koncentracije n utiču:

1. Elastična svojstva tla

Raspodjela naprezanja uz $n = 3$ može se uspostaviti samo uz uslov da za masu poluprostora vrijedi Hooke-ov zakon, t. j. da je modul elasticiteta konstantan. Kod koherentnih tala sa visokom vrijednosti mehaničkog ekvivalenta predopterećenja ostaje modul elasticiteta približno konstantan. Tu se dakle naprezanja mogu računati sa $n = 3$. Raspodjela naprezanja sa $n = 4$ može nastupiti samo u slučaju ako masa koja ispunjava poluprostor posjeduje modul elasticiteta koji raste sa dubinom. Kod nekoherentnog, zaobljenog zrnatog tla raste modul elasticiteta približno linearno sa dubinom. Tu se dakle može računati sa $n = 4$. Normalno će dakle elastične osobine tla zahtijevati $3 < n < 4$.

2. Plastična svojstva tla

Plastične pojave u tlu nastupaju uglavnom kod velikog specifičnog pritiska i male opterećene površine. Tlo izmiče na rubovima fundamenta, kod čega u osovini tereta naponi rastu i time se koncentriraju. U času kada se plastična područja tek počinju stvarati, leži faktor koncentracije n samo malo iznad 3. No ako se ispod opterećene plohe stvorila zatvorena elastična jezgra, koja je okružena plastičnim područjem, faktor koncentracije n će znatno premašiti vrijednost 3.

Kod velikih opterećenih površina, odnosno malih specifičnih opterećenja ispod fundamenta, pojave plastičnog toka koje nastupaju na rubovima opterećenih površina imaju samo neznatan utjecaj na faktor n.

Kod izmicanja tla ispod fundamenta nastaju posmični naponi na dodirnoj tački fundamenta i tla. U tom slučaju može n poprimiti i vrijednost 6. Taj slučaj je ustanovljen kod malih opterećenih površina sa velikim specifičnim opterećenjem.

Vezanost tla, dubina fundiranja i razmjerno velike opterećene površine u praksi djeluju protiv izmicanja tla, tako da se u praktičkim slučajevima normalno za n može odabrati jedna vrijednost između 3 i 4.

Iz osnovne jednadžbe (2) izveo je Fröhlich izraze za izračunavanje vertikalnog, horizontalnog i tangencijalnog naprezanja u bilo kojoj tački poluprostora koja je zadana dubinom z i kutem φ spojne zrake između hvatišta sile i zadane točke. Te jednadžbe glase:

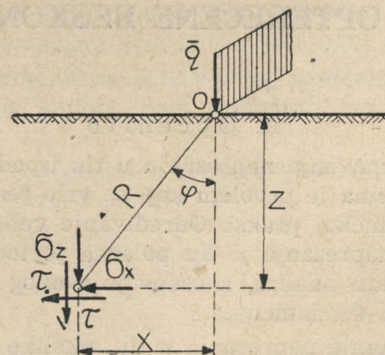
a) Od koncentriranog tereta P:

$$\sigma_z = \frac{nP}{2\pi z^2}\cos^{n+2}\varphi \qquad (3)$$

$$\sigma_x = \frac{nP}{2\pi z^2}\sin^2\varphi\cos^n\varphi \qquad (4)$$

$$\tau = \frac{nP}{2\pi z^2}\sin\varphi\cos^{n+1}\varphi \qquad (5)$$

b) Od linearnog opterećenja duž beskonačnog pravca sa specifičnim opterećenjem q po jedinici dužine (sl. 2):



Slika 2.

$$\sigma_z = a\frac{\bar{q}}{z}\cos^{n+1}\varphi \qquad (6)$$

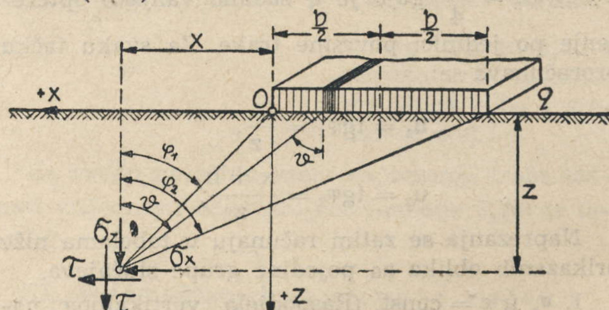
$$\sigma_x = a\frac{\bar{q}}{z}\sin^2\varphi\cos^{n-1}\varphi \qquad (7)$$

$$\tau = a\frac{\bar{q}}{z}\sin\varphi\cos^n\varphi \qquad (8)$$

gdje je za

n =	3	4	5	6
a =	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{8}{3\pi}$	$\frac{15}{16}$

c) Od opterećene trake širine b, beskonačne dužine, sa specifičnim opterećenjem q po jedinici površine, uz pretpostavku jednolične raspodjele naprezanja na kontaktnoj plohi opterećenja i tla, dobio je Fröhlich integracijom utjecaja linearnih opterećenja po širini b, odnosno od φ_1 do φ_2, ove izraze (sl. 3):



Slika 3.

Za n = 3

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi}(\sin\vartheta\cos\vartheta + \vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} \qquad (9)$$

$$\sigma_x = \frac{q}{\pi}(-\sin\vartheta\cos\vartheta + \vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} \qquad (10)$$

$$\tau = \frac{q}{\pi}(\sin^2\vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_1} \qquad (11)$$

Za n = 4

$$\sigma_z = \frac{q}{4}(3\sin\vartheta - \sin^3\vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} \qquad (12)$$

$$\sigma_x = \frac{q}{4}(\sin^3\vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} \qquad (13)$$

$$\tau = \frac{q}{4}(-\cos^3\vartheta)\Big|_{\varphi_1}^{\varphi_2} \qquad (14)$$

C. Izračunavanje naprezanja u tlu i izobara pomoću tabela

Numeričko računanje naprezanja u tlu ispod koncentriranog i linijskog opterećenja razmjerno je jednostavan posao. Uvrštavanjem vrijednosti za dubinu z i kut φ u formule (3) do (8) dobivaju se krivulje raspodjele naprezanja u horizontalnim i vertikalnim ravninama, a koordinate tačaka izobara mogu se također izračunati iz istih formula na jednostavan način.

To međutim nije slučaj kod izračunavanja naprezanja u tlu i koordinata tačaka izobara ispod opterećene beskonačne trake. Kako se vidi u formulama za izračunavanje naprezanja (9) do (14), naprezanje u nekoj tačci u tlu ovisi o veličini i međusobnom odnosu smjernih kuteva φ_1 i φ_2, kojima je određen njen položaj u tlu s obzirom na opterećenu traku. Prema tome kod izračunavanja naprezanja kao i točaka izobara potrebno je za svaku točku izvršiti preračunavanje smjernih kuteva u koordinate ili obratno. Računanje naprezanja, a osobito točaka izobara, po formulama (9) do (14) predstavlja zbog toga znatan gubitak vremena.

Taj problem rješavali su različiti autori na razne načine, većinom uz pomoć tabela i diagrama. Osobito su se tim problemom bavili: Michell (1900), Carothers (1900), Love (1928), Jüngenson (1934), Gray (1936), Burmister (1938), Holl (1941) i Newmark (1942).

Ovdje će biti prikazan piščev način rješenja tog problema, koji omogućuje brzo i jednostavno dobivanje rezultata.

Izračunavanje naprezanja ispod opterećene trake kao i tačaka izobara za vertikalna, horizontalna i tangencijalna naprezanja, i to za faktore koncentracije $n = 3$ i $n = 4$, vrši se tabelarno uz pomoć unaprijed izračunatih vrijednosti pomoćnih trigonometrijskih funkcija, koje su date u tabeli I.

u = tgφ	n = 3			n = 4			u = tgφ
	$F_1(u)$	$F_2(u)$	$F_3(u)$	$F_4(u)$	$F_5(u)$	$F_6(u)$	
0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0
0.1	0.1987	0.0007	0.0099	0.2975	0.0010	0.0148	0.1
0.2	0.3897	0.0051	0.0385	0.5808	0.0075	0.0571	0.2
0.3	0.5667	0.0162	0.0826	0.8383	0.0237	0.1213	0.3
0.4	0.7253	0.0357	0.1379	1.0629	0.0512	0.1996	0.4
0.5	0.8637	0.0637	0.2000	1.2522	0.0894	0.2844	0.5
0.6	0.9816	0.0992	0.2647	1.4073	0.1362	0.3695	0.6
0.7	1.0805	0.1409	0.3289	1.5318	0.1886	0.4502	0.7
0.8	1.1626	0.1869	0.3902	1.6303	0.2438	0.5239	0.8
0.9	1.2301	0.2355	0.4475	1.7075	0.2994	0.5893	0.9
1.0	1.2854	0.2854	0.5000	1.7678	0.3536	0.6464	1.0
1.1	1.3307	0.3352	0.5475	1.8147	0.4051	0.6956	1.1
1.2	1.3679	0.3843	0.5902	1.8513	0.4534	0.7376	1.2
1.3	1.3984	0.4318	0.6282	1.8799	0.4980	0.7733	1.3
1.4	1.4235	0.4776	0.6622	1.9024	0.5388	0.8036	1.4
1.5	1.4443	0.5213	0.6923	1.9201	0.5760	0.8293	1.5
1.6	1.4616	0.5628	0.7191	1.9342	0.6098	0.8511	1.6
1.7	1.4761	0.6021	0.7429	1.9455	0.6404	0.8697	1.7
1.8	1.4882	0.6392	0.7641	1.9545	0.6680	0.8855	1.8
1.9	1.4985	0.6742	0.7831	1.9618	0.6930	0.8990	1.9
2.0	1.5071	0.7071	0.8000	1.9677	0.7155	0.9106	2.0
2.2	1.5209	0.7675	0.8286	1.9766	0.7545	0.9292	2.2
2.4	1.5310	0.8210	0.8521	1.9827	0.7865	0.9431	2.4
2.6	1.5387	0.8686	0.8711	1.9869	0.8131	0.9537	2.6
2.8	1.5445	0.9110	0.8869	1.9900	0.8352	0.9619	2.8
3.0	1.5490	0.9490	0.9000	1.9923	0.8538	0.9684	3.0
3.5	1.5566	1.0283	0.9239	1.9956	0.8890	0.9793	3.5
4.0	1.5611	1.0905	0.9412	1.9974	0.9131	0.9857	4.0
4.5	1.5639	1.1404	0.9529	1.9983	0.9302	0.9898	4.5
5.0	1.5657	1.1811	0.9612	1.9989	0.9429	0.9925	5.0
5.5	1.5669	1.2149	0.9680	1.9993	0.9524	0.9943	5.5
6.0	1.5678	1.2435	0.9730	1.9995	0.9597	0.9956	6.0
7.0	1.5689	1.2889	0.9800	1.9997	0.9702	0.9972	7.0
8.0	1.5695	1.3234	0.9846	1.9998	0.9770	0.9981	8.0
9.0	1.5699	1.3504	0.9878	1.9999	0.9818	0.9987	9.0
10.0	1.5701	1.3721	0.9901	1.9999	0.9852	0.9990	10.0
+∞	$\pi/2$	$\pi/2$	1.0000	2.0000	1.0000	1.0000	+∞

I. Opći izrazi

Izrazi za naprezanja (9) do (14) mogu se nakon uvrštenja granica i izvjesne transformacije pisati ovako:

Za $n = 3$

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\left(\varphi_2 + \frac{1}{2}\sin 2\varphi_2\right) - \left(\varphi_1 + \frac{1}{2}\sin 2\varphi_1\right)\right] \quad (15)$$

$$\sigma_x = \frac{q}{\pi}\left[\left(\varphi_2 - \frac{1}{2}\sin 2\varphi_2\right) - \left(\varphi_1 - \frac{1}{2}\sin 2\varphi_1\right)\right] \quad (16)$$

$$\tau = \frac{q}{\pi}\left[\sin^2\varphi_2 - \sin^2\varphi_1\right] \quad (17)$$

Za $n = 4$

$$\sigma_z = \frac{q}{4}\left[(3\sin\varphi_2 - \sin^3\varphi_2) - (3\sin\varphi_1 - \sin^3\varphi_1)\right] \quad (18)$$

$$\sigma_x = \frac{q}{4}\left[(\sin^3\varphi_2 - \sin^3\varphi_1)\right] \quad (19)$$

$$\tau = \frac{q}{4}\left[(1 - \cos^3\varphi_2) - (1 - \cos^3\varphi_1)\right] \quad (20)$$

Kao što se vidi, ti izrazi imaju opći oblik:

$$\sigma = C_n\,[F_n(\varphi_2) - F_n(\varphi_1)] \quad (21)$$

$F_n(\varphi)$ su trigonometrijske funkcije, čije se vrijednosti mogu unaprijed izračunati. Pokazalo se međutim zgodnije da se umjesto $F_n(\varphi)$ izračunavaju vrijednosti funkcija $F_n(tg\varphi)$, budući da izrazi za izračunavanje koordinata tačaka glase:

$$z = \frac{b}{tg\varphi_2 - tg\varphi_1} \quad (22)$$

$$x = z \cdot tg\varphi_1 \quad (23)$$

Označimo li zbog jednostavnosti pisanja $tg\,\varphi = u$, odnosno $tg\,\varphi_1 = u_1$ i $tg\,\varphi_2 = u_2$, glase jednadžbe pomoćnih funkcija $F_n(u)$:

Za $n = 3$

$$\text{Za } \sigma_z:\quad F_1(u) = \left[\text{arc tg}\,u + \frac{u}{1+u^2}\right] \quad (24)$$

$$\text{Za } \sigma_x:\quad F_2(u) = \left[\text{arc tg}\,u - \frac{u}{1+u^2}\right] \quad (25)$$

$$\text{Za } \tau:\quad F_3(u) = \left[\frac{u^2}{1+u^2}\right] \quad (26)$$

Za $n = 4$

$$\text{Za } \sigma_z:\quad F_4(u) = \left[3\frac{u}{\sqrt{1+u^2}} - \left(\frac{u}{\sqrt{1+u^2}}\right)^3\right] \quad (27)$$

$$\text{Za } \sigma_x:\quad F_5(u) = \left[\frac{u}{\sqrt{1+u^2}}\right]^3 \quad (28)$$

$$\text{Za } \tau:\quad F_6(u) = \left[1 - \frac{1}{(1+u^2)^{3/2}}\right] \quad (29)$$

Vrijednosti funkcija $F_1(u)$ do $F_6(u)$ izračunavate su i date u tabeli I za $0{,}1 \leqq tg\varphi \leqq 10$, koji interval zadovoljava za sve praktične slučajeve proračuna naprezanja. Međuvrijednosti se dobivaju linearnom interpolacijom.

II. Opći oblik tabela za proračun raspodjele naprezanja u horizontalnim i vertikalnim ravninama

Opća jednadžba za izračunavanje naprezanja pomoću tabela glasi:

$$\sigma = C_n\,[F_n(u_2) - F_n(u_1)] \quad (30)$$

Za C_n treba uvrstiti kod $n = 3$, $C_n = \frac{q}{\pi}$, a za $n = 4$, $C_n = \frac{q}{4}$ gdje je q zadano vanjsko opterećenje po jedinici površine trake. Za svaku tačku proračunava se:

$$u_1 = tg\varphi_1 = \frac{x}{z},$$

$$u_2 = tg\varphi_2 = \frac{x+b}{z}.$$

Naprezanja se zatim računaju u tabelama niže prikazanih oblika za pojedine grupe slučajeva.

1. σ_z u z = const. (Raspodjela vertikalnog naprezanja u horizontalnim ravninama)
   σ_x u z = const. (Raspodjela horizontalnog naprezanja u horizontalnim ravninama)
   τ u z = const. (Raspodjela tangencijalnog naprezanja u horizontalnim ravninama).
2. σ_z u x = const. (Raspodjela vertikalnog naprezanja u vertikalnim ravninama).
   σ_x u x = const. (Raspodjela horizontalnog naprezanja u vertikalnim ravninama).
   τ u x = const. (Raspodjela tangencijalnog naprezanja u vertikalnim ravninama).

Tabela za tri slučaja pod 1. ima oblik:

x	$u_2 = \frac{x+b}{z}$	$u_1 = \frac{x}{z}$	$F_n(u_2)$	$F_n(u_1)$	$[F_n(u_2) - F_n(u_1)]$	$\sigma = C_n\,[F_n(u_2) - F_n(u_1)]$

Za tri slučaja pod 2. tabela ima oblik:

z	$u_2 = \frac{x+b}{z}$	$u_1 = \frac{x}{z}$	$F_n(u_2)$	$F_n(u_1)$	$[F_n(u_2) - F_n(u_1)]$	$\sigma = C_n\,[F_n(u_2) - F_n(u_1)]$

Za tri slučaja pod 3. tabela ima oblik:

Ispod ruba trake				Ispod sredine trake		
z	$u_2 = \frac{b}{z}$	$F_n(u_2)$	$\sigma = C_n \cdot F_n(u_2)$	$u_2 = \frac{b}{2z}$	$F_n(u_2)$	$\sigma = 2C_nF_n(u_2)$

3. σ_z u $x = 0$ i $x = -\dfrac{b}{2}$ (Raspodjela horizonnog naprezanja u vertikalnim ravninama ispod ruba i sredine trake).

σ_x u $x = 0$ i $x = -\dfrac{b}{2}$ (Raspodjela tangencitalnog naprezanja u vertikalnim ravninama ispod ruba i sredine trake).

τ u $x = 0$ i $x = -\dfrac{b}{2}$ (Raspodjela vertikaljalnog naprezanja u vertikalnim ravninama ispod ruba i sredine trake).

Za svaku pojedinu vrstu naprezanja treba uzimati vrijednosti odgovarajuće funkcije $F_n(u)$ iz tabele I.

III. Proračun koordinata tačaka izobara

a) *Opća jednadžba izobare.*

Opća jednadžba naprezanja (21) može se također pisati u obliku:

$$F_n(u_2) = \frac{\sigma}{C_n} + F_n(u_1) \tag{31}$$

U tom izrazu je za jednu zadanu izobaru, dakle za σ = const., član σ/C_n također konstantan, t. j. time je zadan stalni odnos $F_n(u_2)$ i $F_n(u_1)$, pa je jednadžba (31) osnov za proračun tačaka izobara. Pomoću ove jednadžbe, a uz upotrebu obrazaca za koordinate: $z = \dfrac{b}{u_2 - u_1}$ i $x = z \cdot u_1$ moguće je direktno proračunavati koordinate tačaka izobara.

Za zadane vrijednosti u_1 očitaju se iz pripadne tabele vrijednosti $F_n(u_1)$; iz jednadžbe (31) izračunaju se odgovarajuće vrijednosti $F_n(u_2)$, a za te vrijednosti ponovno se iz tabele očitaju u_2. Uz poznati u_1 i u_2 izračunavaju se zatim koordinate tačaka izobare: z i x.

b) *Određivanje intervala zadavanja $u_1 = tg\ \varphi_1$ i $u_2 = tg\varphi_2$.*

Vrijednosti $u_1 = tg\ \varphi_1$ i $u_2 = tg\ \varphi_2$ kreću se za svaku izobaru u određenim granicama, pa ih treba zadavati samo unutar ovog intervala.

Gornja granica za u_1 i u_2 dobiva se iz uslova da kod $x \to 0$ i $z \to 0$, t. j. na rubu trake, $\varphi_2 \to \pi/2$, dakle $tg\varphi_2 \to +\infty$. Onda funkcije $F_n(u)$ poprimaju ove maksimalne vrijednosti:

Za n = 3:

$F_n(u_1)_{max}$	$F_n(u_2)_{max}$
$F_1(u_1) \to \frac{\pi}{2} - \pi \frac{\sigma_z}{q}$	$F_1(u_2) \to \frac{\pi}{2}$
$F_2(u_1) \to \frac{\pi}{2} - \pi \frac{\sigma_x}{q}$	$F_2(u_2) \to \frac{\pi}{2}$
$F_3(u_1) \to 1 - \pi \frac{\tau}{q}$	$F_3(u_2) \to 1$

Za n = 4:

$F_n(u_1)_{max}$	$F_n(u_2)_{max}$
$F_4(u_1) \to 2 - 4 \frac{\sigma_z}{q}$	$F_4(u_2) \to 2$
$F_5(u_1) \to 1 - 4 \frac{\sigma_x}{q}$	$F_5(u_2) \to 1$
$F_6(u_1) \to 1 - 4 \frac{\tau}{q}$	$F_6(u_2) \to 1$

To su najveće realne vrijednosti funkcija $F_n(u)$, a njima odgovaraju i maksimalne vrijednosti za u_1 i u_2. Za $F_n(u_1)_{max}$ očita se iz pripadne tabele u_{1max}, gornja granica zadavanja. Istovremeno za $F_n(u_2)_{max}$ poprima $u_{2max} = tg\varphi_{2max}$ vrijednost $+ \infty$.

Donja granica za u_1 i u_2 dobiva se iz uslova da je u osovini izobara, ispod sredine trake, dakle za $x = -\dfrac{b}{2}$, $\varphi_1 = -\varphi_2$, dakle i $tg\varphi_1 = -tg\varphi_2$, odn. $F_n(u_1) = -F_n(u_2)$.

Onda je $F_n(u_2) = \dfrac{\sigma}{C_n} \cdot + F_n(u_1) = \dfrac{\sigma}{C_n} - F_n(u_2)$, i

odatle
$$F_n(u_2)_{min} = \tfrac{1}{2} \frac{\sigma}{C_n} = -F_n(u_1)_{min} \tag{32}$$

Za tu vrijednost funkcija $F_n(u)$ dobivaju se iz tabela odgovarajuće minimalne vrijednosti $u_{2min} = -u_{1min}$.

Nakon što se na taj način pronađe gornja i donja granica, t. j. u_{1max} i u_{1min}, zadaje se povoljan broj vrijednosti u_1 unutar tih granica, koliko tačaka je potrebno za crtanje jedne polovine izobare, a druga polovina joj je simetrična.

Proračun koordinata tačaka izobara vrši se u tabeli slijedećeg oblika:

u_1	$F_n(u_1)$	$\frac{\sigma}{C_n}$	$F_n(u_2) = \frac{\sigma}{C_n} + F_n(u_1)$	u_2	$u_2 - u_1$	$z = \frac{b}{u_2 - u_1}$	$x = z \cdot u_1$
u_{1max}	$F_n(u_1)_{max}$		$F_n(u_2)_{max}$	$+\infty$	$+\infty$	0	0
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
u_{1min}	$-\frac{1}{2}\frac{\sigma}{C_n}$		$+\frac{1}{2}\frac{\sigma}{C_n}$	u_{2min}	$2u_{2min}$	$\frac{b}{2u_{2min}}$	$-\frac{b}{2}$

IV. Primjeri.

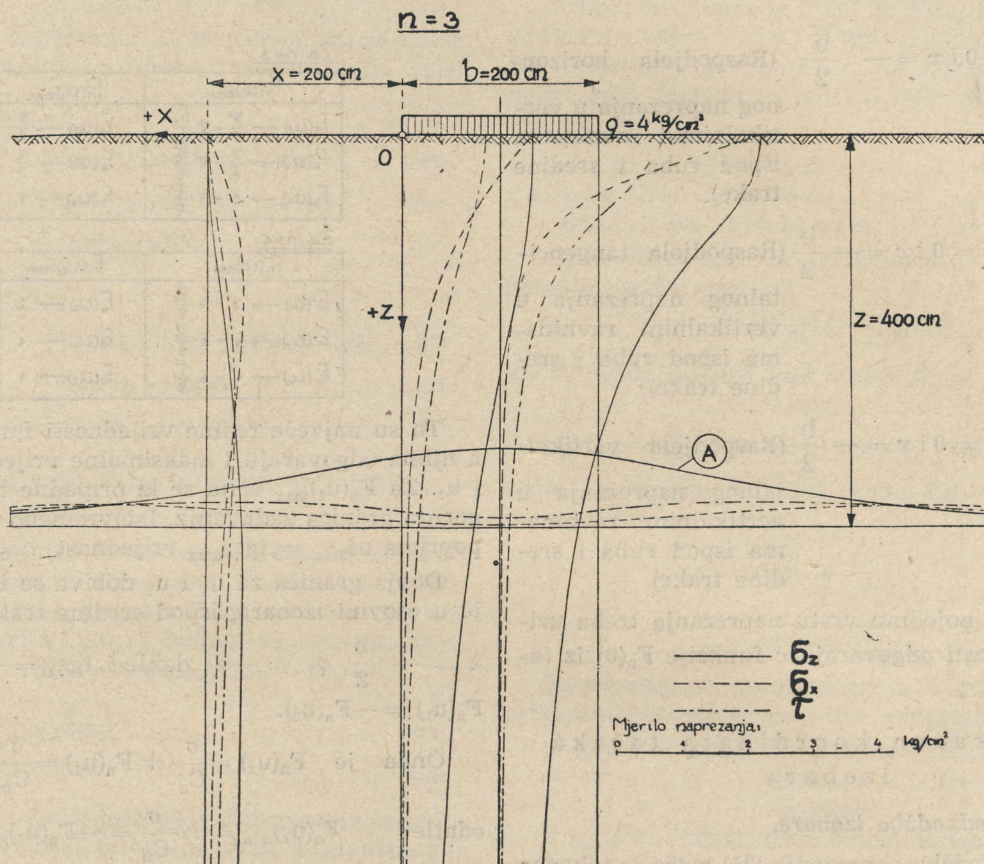
Primjer 1. Račun raspodjele vertikalnog naprezanja σ_z u horizontalnoj ravnini $z = 400$ cm, uslijed djelovanja opterećenja $q = 4$ kg/cm² na beskonačnoj traki širine $b = 200$ cm, uz $n = 3$. (Sl. 4, A).

$$\sigma_z = C_n[F_1(u_2) - F_1(u_1)],$$

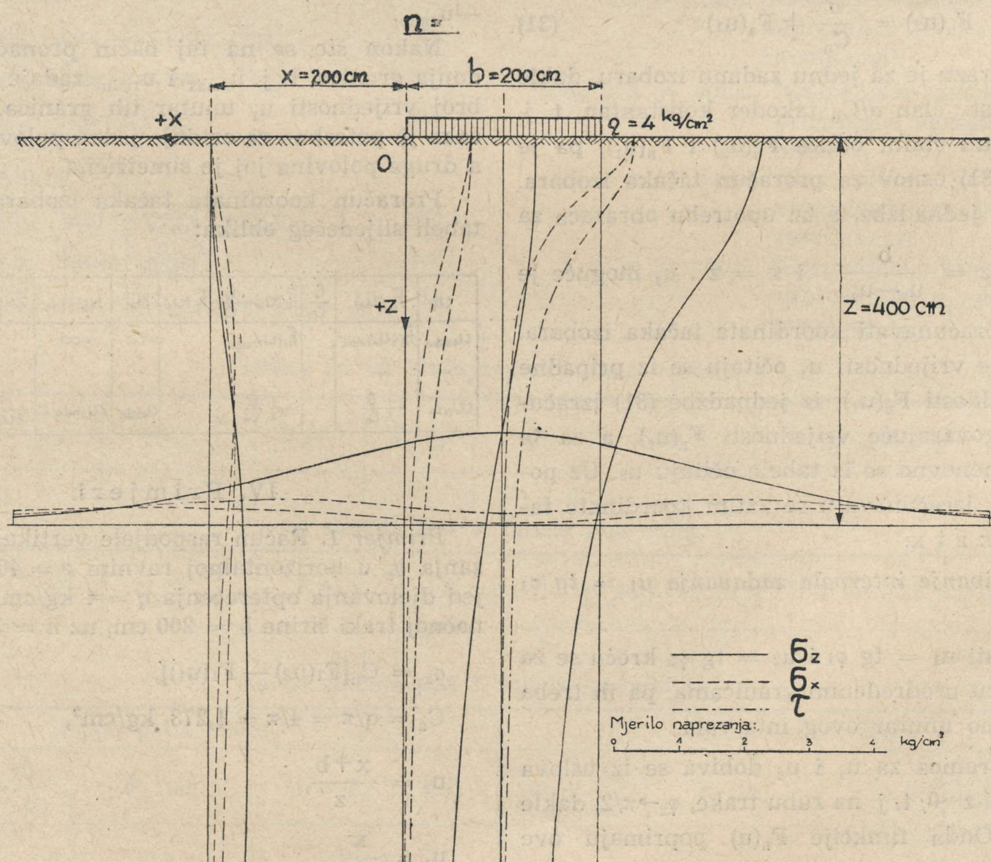
$$C_n = q/\pi = 4/\pi = 1{,}273 \text{ kg/cm}^2,$$

$$u_2 = \frac{x+b}{z},$$

$$u_1 = \frac{x}{z}.$$



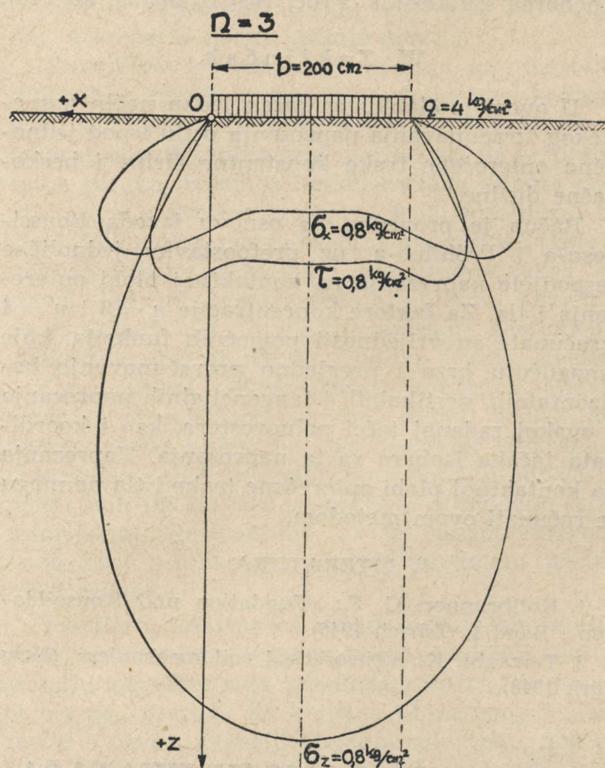
Slika 4. Raspodjela naprezanja u horizontalnim i vertikalnim ravninama za n = 3



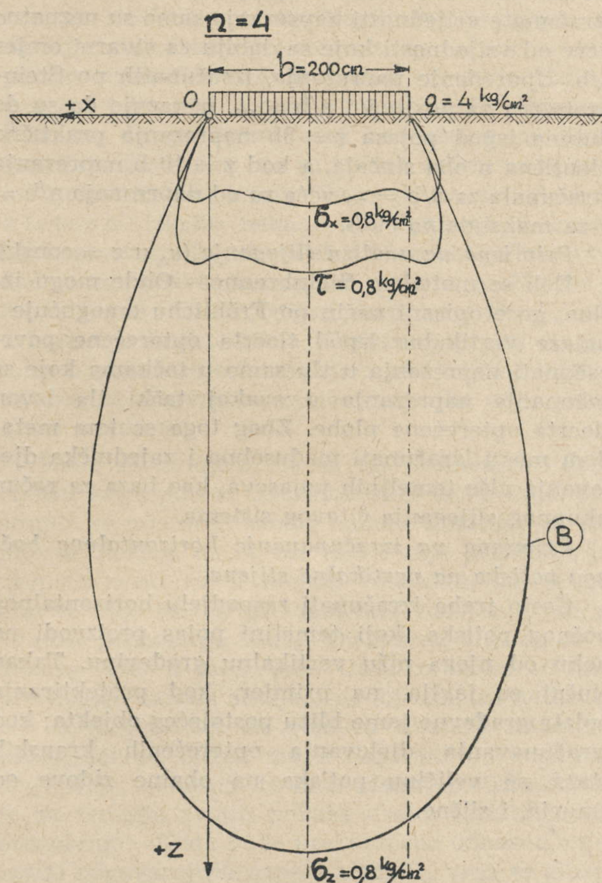
Slika 5 Raspodjela naprezanja u horizontalnim i vertikalnim ravninama za n = 4

x^{cm}	u_2	u_1	$F_1(u_2)$	$F_1(u_1)$	$F_1(u_2)—F_1(u_1)$	σ_z kg/cm²
—100	+0,25	—0,25	+0,478	—0,478	0,956	1,220
0	+0,50	0.00	+0,864	0,000	0,864	1.100
+200	+1,00	+0,50	+1,285	+0,864	0,421	0,535

Primjer 2. Račun koordinata tačaka izobare vertikalnog naprezanja $\sigma_z = 0{,}8$ kg/cm² uz $b = 200$ cm, $q = 4$ kg/cm² i $n = 4$. (Sl. 7, B)



Slika 6. Izobare σ_z, σ_x i τ za n=3



Slika 7. Izobare σ_z, σ_x i τ za n=4

Gornje granice:

$$F_4(u_1)_{max} = 2 - 4\frac{\sigma_z}{q} = 2 - 4\frac{0{,}8}{4} = 1{,}2$$

$$F_4(u_2)_{max} = 2{,}0.$$

Donje granice:

$$F_4(u_2)_{min} = -F_4(u_1)_{min} = \tfrac{1}{2}\frac{\sigma_z}{C_n} = \tfrac{1}{2}\frac{4}{q}\sigma_z$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{4}{4} . 0{,}8 = 0{,}4,$$

$$z = \frac{b}{u_2 - u_1}, \qquad x = z . u_1,$$

$$F_4(u_2) = \frac{\sigma_z}{C_n} + F_4(u_1).$$

u_1	$F_4(u_1)$	$\frac{\sigma_z}{C_n}$	$F_4(u_2)$	u_2	$u_2—u_1$	z^{cm}	x^{cm}
+0,472	+1,200	0,8	+2,000	$+\infty$	0,0	∞	0
0,000	0,000	0,8	+0,800	+0,285	0,0	0,285	702
—0,136	—0,400	0,8	+0,400	+0.136	—100,0	0,272	735

Na analogan način izračunate su i ostale linije naprezanja i izobare prikazane na slikama 4, 5, 6 i 7. Na slici 4 prikazane su linije raspodjele naprezanja σ_z, σ_x i τ u horizontalnoj ravnini $z = 400$ cm i u vertikalnim ravninama $x = -b/2$, $x = 0$ i $x = +200$ cm, uz $n = 3$. Na slici 5 prikazane su iste linije naprezanja za isti slučaj opterećenja, ali uz $n = 4$.

Slika 6 prikazuje izobare $\sigma_z = \sigma_x = \tau = 0{,}8$ kg/cm², uz $b = 200$ cm, $q = 4$ kg/cm² uz $n = 3$, a slika 7 izobare za isti slučaj opterećenja i naprezanja uz $n = 4$.

V. Primjene.

U praktičkim slučajevima računanja u tlu ispod temeljnih pojaseva konačne dužine, taj način računanja za a/b = ∞ može se sa dovoljnom tačnosti primijeniti na sve slučajeve gdje je omjer dužine temeljne trake a prema njenoj širini b, a/b = 10. No i kod odnosa 5<a/b<10, po pretpostavci a/b = ∞ izračunate vrijednosti naprezanja samo su neznatno veće od vrijednosti koje se dobiju za stvarni omjer a/b. Upoređenje naprezanja, izračunatih po Steinbrenneru za a/b = 5 i a/b = ∞, pokazuje da su do dubine ispod pojasa z = 3b naprezanja praktično identična u oba slučaja, a kod z = 10 b naprezanja izračunata za a/b = ∞ veća su od naprezanja a/b = 5 za maksimalno 50%.

Primjena na analizu slijeganja (σ_z u z = const.).

Dok se metodom Steinbrenner—Ohde mogu izšine, gore opisani način po Fröhlichu omogućuje i nalaze vertikalno ispod tlocrta opterećene povrračunati naprezanja u tlu samo u tačkama koje se računanje naprezanja u svakoj tački tla izvan tlocrta opterećene plohe. Zbog toga se tom metodom mogu izračunati međusobna i zajednička djelovanja više temeljnih pojaseva, kao baza za račun ukupnog slijeganja čitavog sistema.

Primjena na izračunavanje horizontalnog bočnog potiska na vertikalne stijene.

Često treba izračunati raspodjelu horizontalnog bočnog potiska, koji temeljni pojas proizvodi na neku od njega nižu vertikalnu građevinu. Takav slučaj se javlja, na primjer, kod projektiranja oplate građevne jame blizu postojećeg objekta; kod izračunavanja djelovanja opterećenih kranskih staza na veličinu potiska na obalne zidove od žmurja, i slično.

No kako djelovanje pojasnog opterećenja proizvodi bočni pomak vertikalnog presjeka, a krutost stijene se tome protivi, to, da bi se izračunao bočni potisak na relativno krutu vertikalnu dijafragmu, treba zamisliti da još jedan isti pojasni teret djeluje na istom razmaku sa suprotne strane stijene. Taj drugi teret podvostručuje jedinični pritisak, pa je stoga stvarni pritisak jednak: $p = \sigma_x$. Ovako izračunata raspodjela bočnog potiska vrlo se dobro slaže s rezultatima mjerenja koja su izvršena na terenu i u laboratoriju. (K. Terzaghi: Anchored Bulkheads, Proc. ASCE 262/53, str. 10).

VI. Zaključak.

U ovom je članku prikazan jedan način numeričkog izračunavanja naprezanja u tlu ispod jednolično opterećene trake konstantne širine i beskonačne dužine.

Račun je proveden na osnovu izvoda Boussinesq-a i Fröhlich-a, uz pretpostavku jednolične raspodjele naprezanja na kontaktnoj plohi opterećenja i tla. Za faktore koncentracije $n = 3$ i $n = 4$ izračunate su vrijednosti pomoćnih funkcija, koje omogućuju brzo i pregledno proračunavanje horizontalnih, vertikalnih i tangencijalnih naprezanja u svakoj zadanoj tačci poluprostora, kao i koordinata tačaka izobara za ta naprezanja. Naprezanja na kontaktnoj plohi opterećene trake i tla ne mogu se računati ovom metodom.

LITERATURA:

1. Kollbrunner, C. F.: »Fundation und Konsolidation«, Band I. (Zürich 1946).

2. Terzaghi, K.: »Theoretical soil mechanics«, (New York 1948).

MJERENJE PRENOŠENOG NANOSA U RIJEKAMA POMOĆU HVATAČA

Ing. **Marko Frangeš**, Zagreb

Za pravilno dimenzioniranje nekih vodograđevnih objekata treba znati kolika se količina šljunčanog nanosa prenosi kroz profil, na kome se želi izvesti sama građevina. Tu se napose radi o taloženju tog materijala iza pregrada i posljedica, koje nastaju od toga taloženja. Određivanje količine prenesenog nanosa vrlo je komplikovan problem, jer se radi o procesu, koji zavisi o mnogim faktorima u prirodi, a kojih međusobni funkcionalni odnos još nam je uvijek dosta malo poznat.

Pa ipak, izvršenjem čitavog niza pokusa u laboratorijama, a i opažanjima u prirodi, uspjelo je utvrditi mnoge povezanosti između raznih faktora i u mnogome dobiti uvid u odvijanje samog tog procesa.

Jedan od najnovijih načina određivanja količine prenijetog nanosa je određivanje pomoću hvatača. Da bi se mogao pravilno ocijeniti stepen točnosti rezultata dobivenih tim hvatačima, treba razmotriti sve napore, koji su dosada učinjeni u vidu određivanja količine prenijetog nanosa. Mnogi stručnjaci se negativno odnose prema tim metodama uopće, i uistinu se dobiveni rezultati moraju primati sa mnogo rezerve. Ipak, valja uvidjeti, da danas nemamo boljeg načina za mjerenje nanosa, pa ako perspektivno gledamo, već dosta jasno naziremo daljnje mogućnosti rješenja tog pitanja. Napredak tehnike i naučna ispitivanja cijelog problema kretanja nanosa, sigurno će nam jednog dana omogućiti — putem egzaktnijih metoda — da dobijemo bolje rezultate nego ih danas dobivamo pomoću hvatača. Međutim, kako stvari danas stoje, mi se nalazimo u fazi mjerenja pomoću hvatača.

Prvu teoretsku formulu o količini prenošenog nanosa dao je Du-Boy izrazom

$$G = c \cdot S \cdot (S - S_0)$$

c = konstanta, $S = t \cdot i \cdot \gamma$, s_0 = granična vrijednost, kod koje se nanos počinje gibati.

Da se ustanovi granična vrijednost napadne sile vode s_0, proveden je čitav niz pokusa i u laboratoriju, i u naravi, počevši od Du Buat-a (1816 g.) i Kreutera (1898 g.) pa sve do naših dana. Isto tako postoji čitav niz pokusa za određivanje koeficijenta »c«. Drugi stručnjaci (na pr. Gilbert) pokušali su odrediti količinu nanosa u ovisnosti od pada vodnog lica, pa protoka, brzine i t. d., u izrazima oblika:

$$g = f(i - i_0)^n,$$
$$g = f(Q - Q_0)^n.$$

Sve te vrijednosti i_0, Q_0, odnose se na momenat, u kome se nanos počinje gibati.

Razvitkom laboratorijske tehnike, pa i teoretske hidraulike, napose mehanike turbulentnog kretanja vode i, konačno, na temelju čitavog niza izvršenih laboratorijskih ispitivanja, vidjelo se, da je prenošenje nanosa ovisno o funkcionalnom odnosu ovih faktora: o srednjem promjeru zrna, specifičnoj težini, obliku zrna, raznih osebina mješavine (omjera), koje proizlaze iz krivulje granulometrijskog sastava, količini vode, srednjoj brzini, napadnoj snazi vode $S = t \cdot i \cdot \gamma$, kinematskom koeficijentu viskoziteta, brzini na dnu, obliku korita, koeficijentima otpora, zakrivljenosti korita, o omjeru srednjeg promjera zrna prema dubini vode i, konačno, o svim pojavama i posljedicama stvaranja i dinamike duna (sprudova). Funkcionalni odnosi između svih tih faktora istraženi su u mnogim laboratorijskim ispitivanjima, pa po nekim evidencijama broj publikacija po tom predmetu prelazi 2 000 radova.

Rezultati dobiveni od raznih autora laboratorijskim ispitivanjima često su znatno različiti. Za ilustraciju navodim dva primjera. Schaffernak je, na pr., utvrdio, da količina prenesenog nanosa zavisi o prvoj potenciji napadne sile vode, dok po Du-Boy-u ona zavisi o drugoj potenciji, a po Krey-u o petoj do sedmoj potenciji napadne sile vode. Schoklitsch je početkom tridesetih godina, na temelju pokusa izvedenih s jednoličnim promjerom zrna, dao izraz ovog oblika za količinu prenesenog nanosa:

$$g = f(Q - Q_0).$$

God. 1935 Casey je na temelju svojih pokusa dobio druge vrijednosti. Kolika je bila razlika, vidimo iz ove usporedbe za vrijednosti Q_0 u l/s:

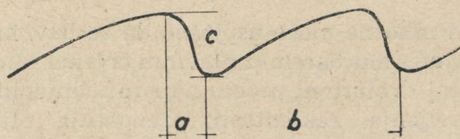
Po Casey-u	po Schoklitsch-u
4,5	15
9,0	40
14—19	101

Pošto su laboratorijska ispitivanja davala tako različite rezultate, našlo se stručnjaka, koji su tvrdili, da o prenošenju nanosa ništa ne znamo, što je, ustvari, pretjerano gledište.

Neosporna je činjenica, da smo ipak putem tih, makar i neuspjelih pokusa, dobili uvid u mnoge relacije i zakonitosti odvijanja ovog procesa. Dalje valja istaknuti, da se i mjerenja pomoću hvatača ne mogu vršiti bez najuže suradnje s laboratorijima, i niko ne može uspješno da se bavi tim pitanjima, ako mu barem u glavnim crtama nije poznat cijeli taj evolutivni proces napora učinjenih u vidu ustanovljenja zakonitosti prenošenja šljunčanih nanosa.

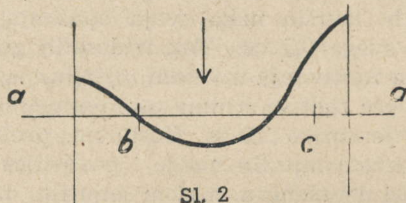
Kod ocjene tih laboratorijskih pokusa valja uvažiti, da su stručnjaci te pokuse dobrim dijelom stvarno vršili u vezi sa drugim ispitivanjima, pa tu nije bilo nikakvog sistematskog rada kroz dulji period, osim Gilbertovih pokusa, a on je radio u Americi i imao je dovoljno materijalnih sredstava. Čini se, da je upravo taj nedostatak novčanih sredstava bio razlog, da su pokusi vršeni na upravo minijaturnim objektima. Tako je, na pr. Schoklitsch izvršio neka svoja opažanja u koritu širokom svega 9,5 cm. Tek tridesetih godina prelazi se na ispitivanja u većem mjerilu, pa Mayer-Peter već radi sa zrnima promjera preko 3,5 cm, a korito je široko 2,0 m. Uostalom, prelaz na pokuse u većem mjerilu bio je i posljedica iskustva, da pokusi izvršeni u malom mjerilu daju posve krive rezultate.

Kada se uvidjelo, da se taj problem ne može riješiti samo putem laboratorijskih ispitivanja, pristupilo se mjerenju samog nanosa u naravi na licu mjesta. Razlog, da se već ranije nije pristupilo izravnom mjerenju u samom vodotoku, bio je poglavito taj, što je prevladavalo mišljenje, da se šljunak prenosi po teoriji Du-Boy-a, t. j. da se to gibanje vrši u slojevima. Ukoliko bi se stvarno prenošenje nanosa odvijalo po toj tezi, mi ne bismo bili u mogućnosti da pomoću hvatača uhvatimo nanos, jer ne bismo mogli doprijeti do »neutralnog« sloja, odnosno do dna. Međutim, Schoklitsch je na temelju svojih pokusa ovako formulirao to prenošenje: »Kada bude prekoračena odnosna, mješavini odgovarajuća napadna sila S_0, zrna se gibaju po dnu (kao na fiksnoj podlozi) kao od vjetra tjerano suho lišće. U slojevima se nanos nikada ne kreće«. Dakle, teza posve suprotna onoj od Du-Boy-a. Sad nastaje pitanje, da li je Schoklitsch-eva teza u cijelosti točna? Ostavimo po strani prenošenje nanosa u bujicama, gdje se ona sigurno ne događa u smislu Schoklitscheve teze, nego sigurno sličnije tezi Du-Boy-a, ipak ostaje još otvoreno pitanje prenošenja u srednjem i donjem toku. Ispitivanja tih pojava na Aari u Švicarskoj unijela su mnogo svijetla u taj problem. Danas imamo već dosta jasne predodžbe o pojmu »pokrovnog sloja«. Dakle dok je god ta »kaldrma« intaktna, prenošenje se sigurno na izvjesnim dionicama provodi u cijelosti u smislu formulacije date po Schoklitschu. Kakovo je međutim prenošenje nanosa u trenutku kada se kaldrma rastrga, mi točno ne znamo. Prema opažanjima Weibela (a i Karoly-a) to se prenošenje ipak vrši u jednom debljem sloju, i debljina tog sloja je od presudne važnosti za dimenzioniranje visine hvatača nanosa. Daljnju poteškoću kod mjerenja čine sprudovi na dnu. Materijal se giba na površini tih sprudova. Prosjek kroz jedan niz sprudova prikazan je shematski na sl. 1.



Sl. 1

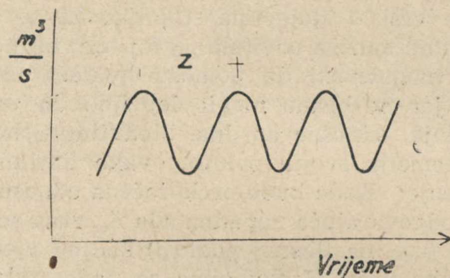
Odnosne dimenzije na rijeci Lugu iznose a = 2,5 m, b = 20,0 m, c = 0,4 m. Na Volgi c = 0,7 m. Takovih sprudova ili sistema sprudova imade u riječnom koritu više. Glave sprudova međusobno su pomjerene, tako da u jednom poprečnom profilu glave sprudova ne prolaze u isto vrijeme. U sl. 2 označene su glave sprudova posve shematski.



Sl. 2

To znači, ako mjerimo u točci b, prirodno dobivamo drugačije vrijednosti nego li u točci c.

Kod provedbe mjerenja ustanovljen je stanoviti ritam u količini nanosa zahvaćenog u jednoj točci. Ehrenberger je na Dunavu dobio jedan pravilan ritam (sl. 3). Ustanovio je, na pr., da vrijeme »z«



Sl. 3

(već prema vodostaju) iznosi 15—18 minuta. Weibel je na Rajni došao međutim do drugih konstatacija, i to, da postoje veći i manji valovi. Veći valovi nastupaju u razmaku od 2—6 sati, a manji valovi u razmaku od pola sata. Ehrenberger misli, da prolaz šljunka na mahove zavisi od pulzacije, jer je ujedno mjerio i brzinu vode, i intenziteti se vremenski podudaraju. Karoly se na temelju svojih opažanja slaže s Ehrenbergerom. No kako onda protumačiti pojave, koje je zapazio Weibel? Te pulzacije su jedan od glavnih elemenata kod mjerenja nanosa hvatačima. O njima ovisi broj točaka (vertikala), na kojima ćemo mjeriti u jednom profilu, a osim toga je to jedna od komponenata, kako dugo ćemo hvatač držati na dnu. Pitanje tih uočenih pulzacija očito je u vezi s pojavom duna (sprudova). Pojave duna, okolnosti pod kojima se one stvaraju, brzina kretanja, njihov upliv na hrapavost korita (pa prema tome i protoku), predmet je obsežnih laboratorijskih ispitivanja.

U Rusiji se počelo s intenzivnim istraživanjima, t. j. mjerenjem konfiguracije, brzine kretanja i t. d. tih pojava na dunama na samim rijekama. Koliko mi danas malo znamo, na pr., o ulozi duna, u vezi sa hrapavosti korita, proizlazi među inim iz konstatacije Karoly-a, iznijete na kongresu u Grenoblu, da se hrapavost na Dunavu povodom nekih mjerenja pokazala mnogo veća od pretpostavljene, i da je protok bio mnogo manji, i to za 40%. Međutim je Weibel na Rajni našao, da se protoci u svemu podudaraju sa vrijednostima dobivenima po Striklerovoj formuli.

Vidimo, da se učinjena opažanja u mnogočemu razlikuju. Sigurno je, da tu donekle utiče i subjektivni momenat, ali valja uvažiti i razliku u objektivnom momentu. Svi momenti, koje običavamo subsumirati pod režimom vodotoka, bili su kod tih ispitivanja različiti, a različiti bili su i instrumenti i metode rada.

Karakteristični podaci za režim:

Tabela I.

Rijeka	I ‰	km²	d_{50} mm	d max mm	širina* m
Rajna	0,9	6350	35	110	74
Dunav (Beč)	0,45	101.000	10	250	cca 150
Aara	2—4	50	70	550	15—30

* Širina u kojoj se šljunak nalazi u pokretu, d = promjer zrna.

Dimenzije hvatača u cm bile su ove:

Tabela II.

Rijeka	Širina	Visina	Duljina	η %
Rajna	50	25	100	45
Aara	70	30	130	30—50
Inn	25	13,5	45	35
Dunav (Karoly)	50	20	100	?
Dunav (Ehrenberger)	50	25	100	82

Vrijeme, kroz koje je hvatač ostavljen na dnu, također je bilo različito, a isto tako i broj uzastopnih zahvata u jednoj vertikali.

Tabela III.

Rijeka	Vrijeme sek.	Broj uzastopnih zahvata
Rajna	60—180	20—40
Aara	30—240	5
Karoly	60—90	?

Nadalje, svaki hvatač ima, s obzirom na svoju konstrukciju, izvjestan stepen učina. Hvatač je ti-

jelo uronjeno u vodu i prema tome daje izvjestan otpor protoku vode, što utiče na proces prenošenja šljunka, pa u hvatač ne dolazi toliko šljunka koliko ga prolazi u slobodnom koritu. Taj stepen učina treba ustanoviti pokusima u laboratoriju. U tabeli II. date su vrijednosti η za pojedine tipove hvatača. Kako vidimo, i tu postoje znatne razlike. Međutim,, taj stepen učina zavisi i o vremenu, kako dugo ostavljamo hvatač na dnu, a i o brzini vode.

Tako je Mayer-Peter ustanovio:
prenošenje q = 1,5 kg/sec/m, što odgovara izvjesnoj brzini vode v_1;

vrijeme hvatanja	30″	240″,
stepen djelovanja	0,36	0,56,

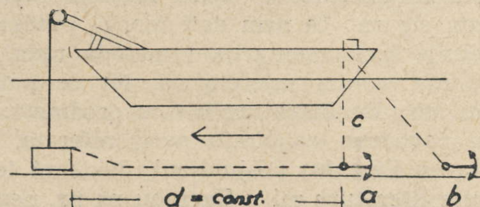
dočim je kod prenosa nanosa q = 5,7 kg/sec/m odnosno brzine v_2:

vrijeme hvatanja	30″	240″,
stepen djelovanja	0,29	0,44.

Pod pojmom »specifičnog« učina hvatanja podrazumijevamo onu količinu, koja uđe u hvatač u jedinici vremena. Konstatirano je, na pr., da količina, koja ulazi u hvatač u roku od 60″, nije dva puta veća od one, koja uđe u vremenu od 30″. Koliko je cio taj problem komplikovan, proizlazi na pr. iz toga, da je u vidu određivanja tog »specifičnog« učina hvatanja (i nekojih drugih problema s time u vezi) Mayer-Peter na Aari izvršio 2 222 pojedinačna hvatanja i kod toga izvukao i odvagnuo 44 (četrdesetčetiri) tone šljunka. Taj znatan broj mjerenja bio je potreban s razloga pulzacija, pa se vrijednosti, koje želimo dobiti, moraju određivati matematsko-statističkim metodama (zakon velikog broja).

Te razlike u specifičnom učinu uglavnome se pripisuju »bagerskom« djelovanju hvatača u času kada on dospije na dno, odnosno u času njegovog izvlačenja, a šta opet ovisi o konstrukciji obaju zateznih užeta. Da hvatač ne bude zanesen od vode, da uđe vertikalno u vodu do dna, on je zakačen za zatezno uže. O tome, kako odstraniti vibracije tog zateznog užeta, izvršen je niz pokusa u naravi, pa i u laboratoriju. Mjerenja, koja su vršena na Rajni od 1933—1936, smatraju se neuporabivim samo zato, jer zatezno uže nije bilo pričvršćeno onako kako treba, t. j. kako je pokusima u laboratoriju u Zürichu bilo naknadno (1936 god.) ustanovljeno, t. j. da treba posebnim načinom pričvrstiti to uže. Problematiku zateznog užeta kod velikih dubina vode vrlo je dobro opisao Karoly. Na rijekama Rajni, Aari i Innu mjerenja su vršena sa mostova, a zatezno uže bilo je pričvršćeno na uže napeto preko rijeke. Na Dunavu u Mađarskoj nisu međutim bila moguća mjerenja na ovaj način zbog velikih širina, a i dubina od 10—14 m, već se moralo riješiti pitanje zateznog užeta, odnosno stabilizacije hvatača, pomoću lengerisanja. Kakove tu teškoće nastaju i kako to utiče na dobivene rezultate, iznio je Karoly vrlo opširno.

Iz njegovog opisa upravo drastično razabiremo, na kakove poteškoće nailazimo kod tih mjerenja. Sistem tog lengerisanja prikazan je na sl. 4.



Sl. 4

Karoly kaže, da lenger »a« kod ubacivanja, uslijed struje vode, biva otklonjen, pa i hvatač dolazi nizvodno od svog predviđenog položaja, pa kod dizanja hvatač dolazi do »bagerskog« djelovanja. Dešava se, da se hvatač izvuče potpuno pun, dakle dobivamo posve krive rezultate. Kako se može zatezanjem na lenger »b« postaviti lenger »a« u određeni položaj, mislim, da je neriješeno pitanje, i potreban je veliki optimizam, da se vjeruje Karolyevima sugestijama, kad on kaže, da bi se moralo »zatezati uže c... ali prejako, da se ne bi iščupao lenger »a« (ovo među inim, kao primjer za točnost kod tih, ne samo Karoly-evih mjerenja).

Iz svega toga vidimo, da su ta mjerenja vršena pod vrlo različitim okolnostima, koliko u pogledu režima vodotoka, toliko i u pogledu instrumentarija i cijele metode. Uslijed toga je usporedba rezultata pa i kritika pojedine metode otežana, a u mnogočemu nemoguća. Schoklitsch je dao 1943 god. na temelju rezultata sviju dosada objavljenih mjerenja jednu formulu o količini prenijetog nanosa. Ako razmotrimo sve naprijed navedeno, bit će nam jasno, koliko povjerenja možemo imati u rezultate dobivene po toj formuli.

Postavlja se dakle pitanje, da li da se mjeri sa hvatačima ili ne?

Ispitivanja u laboratorijima unijela su mnogo svijetla u cio taj problem, ali nam dosada nijesu mogla dati zadovoljavajuće rješenje, napose ne u kvantitativnom pitanju. Prema tome su danas hvatači nanosa jedino sredstvo, kojim se možemo poslužiti. Ima danas još mnogo protivnika te metode, šta je i razumljivo s obzirom na sve iznesene nedostatke. Šta više, rezultati dobiveni hvatačima nijesu nigdje provjereni, jer usprkos svega truda i mase mjerenja, koja su izvršena mi ne znamo, da li je stvarno toliko šljunka prošlo koritom, koliko je hvatačima zahvaćeno.

Na Rajni i na Aari uspoređivali su se podaci dobiveni hvatačima s podacima deponiranih količina na deltama u Bodenskom i Brintsweilerskom jezeru. Međutim, zbog kratkoće vremena, u kome su ta opažanja vršena, ona nisu dovoljno siguran oslonac za provjeravanje točnosti mjerenja pomoću hvatača.

Tehnika mjerenja pomoću hvatača svakako će se usavršavati. Jedan od glavnih neposrednih za-

dataka bit će, da se izvrše komparativna mjerenja na istom profilu s raznim tipovima hvatača, i to jednim žičanim (rešetkastim) hvatačem i jednim zatvorenim (mađarskog tipa). Analiza dobivenih rezultata sigurno će nam dati mnogo putokaza za poboljšanje instrumentarija i metoda rada. Prije pristupanja samim mjerenjima, bit će potrebno proučiti što više literature o tom predmetu. Literatura, navedena na kraju ovog referata, sakupljena je u Zagrebu i Ljubljani, dakle ni te najosnovnije literature mi u Zagrebu na pr. nemamo. Pristupiti pak ovakovim mjerenjima bez dobrog poznavanja iskustava stečenih na drugim mjestima, sigurno će imati za posljedicu znatan gubitak na vremenu i ispočetka vrlo problematične rezultate, koji su, kako smo vidjeli, i onako nesigurni.

Ing. Čirković iznio je neke podatke o suspendovanom nanosu na Neretvi. Neki stručnjaci misle, da te cifre ne odgovaraju. Istina je, da se nekim izvodima može prigovarati, ali mislim, da se svi podaci ne mogu bez daljnjeg zabaciti, jer valja uvažiti izvjesne specifičnosti sliva Neretve, koji ukazuju na znatne količine suspendovanog (a i vučenog) nanosa u tom slivu. Iako sam se gore osvrnuo samo na pitanje vučenog nanosa, iznio sam ovdje slučaj suspendovanog nanosa na Neretvi kao jedan primjer, da se bez obilnog poznavanja literature, dakle na drugim mjestima stečenog iskustva, ne mogu pravilno ocjenjivati dobiveni rezultati.

Treba da se nabaci još jedno pitanje, a to je: da li je mjerenje pomoću hvatača jedina mogućnost, da se ustanovi volumen prenošenog nanosa? Kako smo vidjeli, kod mjerenja sa hvatačima susreli smo se s pitanjem duna (sprudova). Usprkos čitavog niza istraživanja, zakonitost procesa stvaranja i kretanja tih duna nije nam dovoljno poznata. Točne premjere i studiranje kretanja duna na našim rijekama mnogo bi produbilo naše znanje o tome procesu. Nadalje će daljnje usavršavanje opažanja tog procesa egzaktnim metodama, kako ih je iznio ing. Colarič iz Ljubljane, sigurno također doprinijeti razvitku mjerenja vučenog nanosa.

Zaključno možemo kazati, da se mjerenja količina vučenog nanosa ne može olako shvatiti i valja biti načisto s time, da se to ne može omasoviti kao mjerenje količine vode hidrometrijskim krilom, jer to nije ista vrsta posla.

Mjerenje nanosa nalazi se još uvijek u stadiju razvoja. Bez intenzivne suradnje sa laboratorijima i bez temeljitog poznavanja iskustava, stečenih u drugim zemljama, ne ćemo doći do uporabivih podataka. Ako radu pristupimo onako kako je to učinio Mayer-Peter i njegovi suradnici na Aari, t. j. u uskoj suradnji s jednim laboratorijem (i to takvim, koji će moći baždarenja hvatača izvršiti u razmjeru 1 : 2) i koristeći se iskustvom stečenim u inostranstvu, pa i izvršiti mjerenja sa dva sistema hvatača, sigurno ćemo doći do vrlo uporabivih podataka.

LITERATURA

Schaffernak: Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen. Deuticke 1922.

Leppik: Untersuchungsmethoden der Sinkstoffe und des Geschiebes und deren Vereinheitlichung. Die Wasserwirtschaft 1931.

Ehrenberger: Direkte Geschiebemessungen an der Donau bei Wien und deren bisherige Ergebnisse. Die Wasserwirtschaft 1931.

Ehrenberger: Geschiebemessungen an Flüssen mittels Auffanggeräten und Modelversuche mit letzterem. Die Wasserwirtschaft 1932.

Mühlhofer: Untersuchungen über die Schwebstoffe und Geschiebeführung des Inn nächst Kirchbichl. Die Wasserwirtschaft 1933.

Ehrenberger: Modelversuche mit Auffanggeräten. Die Wasserwirtschaft 1933.

Schoklitsch: Stauraumverlandung und Kolkabwehr. Springer 1933.

Casey: Über Geschiebebewegung. Berlin 1935.

Mayer-Peter usw.: Untersuchungen in der Natur über Bettbildung. Geschiebe und Schwebstofführung. Mitteilung No. 33 des Amtes für Wasserwirtschaft Bern 1939.

Karolyi Zoltan: Pokusi sa hvatačem nanosa. Prijevod iz časopisa Vizügyi Közlemenyek 1947.

Weibel: Geschiebe- Schlamm- und Wassermessungen am Rhein in Vorarlberg. Österreichische Wasserwirtschaft 1950.

Levin: Eksprimentalna hidraulika.

ISKOLČAVANJE KOLOSJEČNIH LUKOVA KOD ODRŽAVANJA PRUGA

Ing. **Guido Prister**, Zagreb

Vrlo se često pokazuje potreba da se kolosječni lukovi, koji su deformirani od saobraćaja vlakova ili iz bilo kojih drugih razloga (na pr. posljedica lošeg održavanja za vrijeme rata, posljedice željezničkih nesreća, odrona i sl.), ponovo dovedu u ispravno stanje, t. j. da se iskolče geometrijski pravilni lukovi. Isto tako i povećanje brzina zahtijeva uređenje lukova i eventualno produljenje prelaznih krivina.

Ti radovi mogu se izvršiti instrumentom, bilo iskolčavanjem polarnom metodom, bilo ordinatama i apscisama. U ravnici ili u preglednom terenu ta se metoda može primijeniti sa uspjehom. Međutim, rad je relativno spor i zahtijeva učešće specijalno izvježbanog srednjetehničkog kadra, a ako je situacija kompliciranija, i učešće inženjera.

Tako iskolčeni luk nema osim prvotnih tangenata ništa zajedničkog s postojećim lukom. Pomaci su često znatni, pogotovo kod produljivanja prelaznih krivina, a većina pomaka kolosjeka može se izmjeriti jedino direktno na terenu, nakon što je iskolčen novi luk. Na drugi način, kod rada s instrumentom, ne možemo ustanoviti veličinu pomaka. Izbor radiusa luka stepenovan je, prema po-

stojećim tablicama za iskolčenje lukova, najmanje na 10 metara, a odstupanja se mjere veličinom strelice s tetivom od 10 ili 20 m dužine. Dopuštene pogonske tolerancije su, prema Schramm-u, da razlika dvaju susjednih strelica bude manja od 2 500/V za tetivu dužine 20 metara, ili 625/V za dužinu tetive od 10 metara. V je brzina u km/sat.

Po tome se vidi, da se kontrola zakrivljenosti kolosjeka izvodi mjerenjem strelica tetiva određene dužine.

Željeznička praksa postavlja izvjesne zahtjeve na metode uređenja kolosječnih lukova. To su:

1. Da se dobiju lukovi pravilnog geometrijskog oblika, tako da razlika između susjednih strelica bude što manja.

2. Pomaci, koji su potrebni da kolosječni luk dobije pravilan oblik, neka budu što manji.

Prva metoda reguliranja lukova na osnovu izmjerenih strelica bila je kod J. D. Željeznica metoda »Nalenz-Höfer-Schramm«. Za popularizaciju te metode izdala je Direkcija željeznica Zagreb god. 1934 »Uputstvo za praktičnu primjenu metode Nalenz-Höfer-Schramm za iskolčenje i rekonstrukciju lukova« od Ing. Sinkovića. Po toj metodi iskolčeni su tada svi lukovi na pruzi Novska—Dugoselo—Zagreb. Još i danas djelomično stoje ugrađene šine krivinskih oznaka na toj pruzi. Na pruzi Dugoselo—Koprivnica je pisac ovog članka 1938 god. iskolčavao nekoliko lukova po metodi kutnih slika (Nalenz-Höfer-Schramm).

Kod te metode nailazimo na izvjesne poteškoće i izvore pogrešaka, koje se po samoj prirodi metode ne mogu ukloniti. Kao prvu navodim, da se strelice nanose većinom u mjerilu 1 : 10, dakle tek deset milimetara na terenu daju jedan milimetar na papiru. Milimetar na milimetarskom papiru većinom nije pravi milimetar, već zbog greške u tisku, usuka ili istezanja papira; s druge strane, grafičko zbrajanje strelica šestarom neminovno dovodi do pogrešaka, koje se djelomično mogu poništavati, ali se mogu i zbrajati. S obzirom na mjerilo, svaka se pogreška udeseterostručuje. Rad je spor i zahtijeva veliku uvježbanost i koncentraciju tehničkog organa, koji taj rad izvršuje, i time praktički uslovljuje, da se taj organ bavi uglavnom samo tim poslom. Do pred svršetak rada nemamo pravu predodžbu o smjeru i veličini pomaka kao i o njihovom izjednačenju. I uputstvo DRB-a predviđa mogućnost grubih pogrešaka, koje se mogu pronaći jedino uspoređivanjem veličine strelica (vidi: Deutsche Reichsbahn: »Abstecken und Vermarken von Bogen nach dem Winkelbildverfahren«, 1941), a veličine strelica po toj metodi dobivamo samo posebnim računskim ili grafičkim postupkom, što je svakako dosta dangubno. Ukoliko nam dobiveno rješenje ne odgovara, moramo probanjem ponoviti postupak i po nekoliko puta. Tako nastaje i treći zahtjev, koji željeznička praksa postavlja na metode uređenja lukova:

3. Rad na terenu i u kancelariji mora uz istu točnost biti što jednostavniji i kraći i, ujedno, razmak vremena od snimanja strelica do iskolčenja reguliranog luka na terenu treba da bude što kraći, da se ne bi u međuvremenu i dalje pomicao kolosjek sa kojeg vršimo nanošenje projektiranih pomaka.

Zajedno s metodom podsipavanja kolosjeka (suflaž) došla nam je iz Francuske i t. zv. »plus—minus« metoda za uređenje lukova i pravaca. Međutim, ta metoda nema nikakve veze sa podsipavanjem (sulflažom) kolosjeka, osim što se za podsipavanje zahtijeva, da se pruga prethodno uredi po smjeru. Posve je sporedno, da li će se pruga urediti po smjeru »plus—minus« metodom, instrumentom ili bilo kojim drugim načinom; glavno je, da se pruga prije izvršenja podsipavanja uredi tako po smjeru, da nakon podsipavanja više nema nikakvih pomicanja kolosjeka, jer bi se time poremetio raspored grusa ispod pragova.

Koji su principi »plus—minus« metode?

U kolosječnom luku, koji smo razdijelili na jednake dijelove, pomoću tetiva izmjerimo veličinu strelica. Ako sada na jednom mjestu, pomakom kolosijeka, povećamo strelicu za iznos *d*, onda se u susjednim točkama strelice umanjuju za iznos *d*/2. (Uz uvjet da se kolosijek u susjednim mjernim tačkama nije pomaknuo!) Isto tako, ako na jednoj tački smanjimo strelicu za *d*, u susjednim se tačkama uveća strelica za *d*/2.

U praksi snimili bi sve strelice deformirnog luka, koji kanimo urediti, i barem još 50 m pravca ispred prelazne krivine. Dobivene strelice nanijeli bi u naravnoj veličini na milimetarski papir, a ekvidistancije polovine dužine tetiva (bilo 5 m ili 10 m) bile bi 5 mm na papiru. U tako dobivenu s l i k u zakrivljenosti luka ucrtamo p r o j e k t budućeg uređenja luka tako, da se površine ispod i iznad projekta luka donekle izjednačuju. Sada iz vertikala, koje svakih 5 mm sijeku projekt luka, očitamo veličinu projektirane strelice na tom mjestu i unesemo brojčanu vrijednost projektirane veličine strelice u manual. Isto tako smo već ranije unijeli u taj manual izmjerene strelice sa terena. Postepenim skidanjem istaknutih šiljaka i podizanjem negativnih šiljaka sve više i više se približavamo zadanom projektu zakrivljenosti luka.

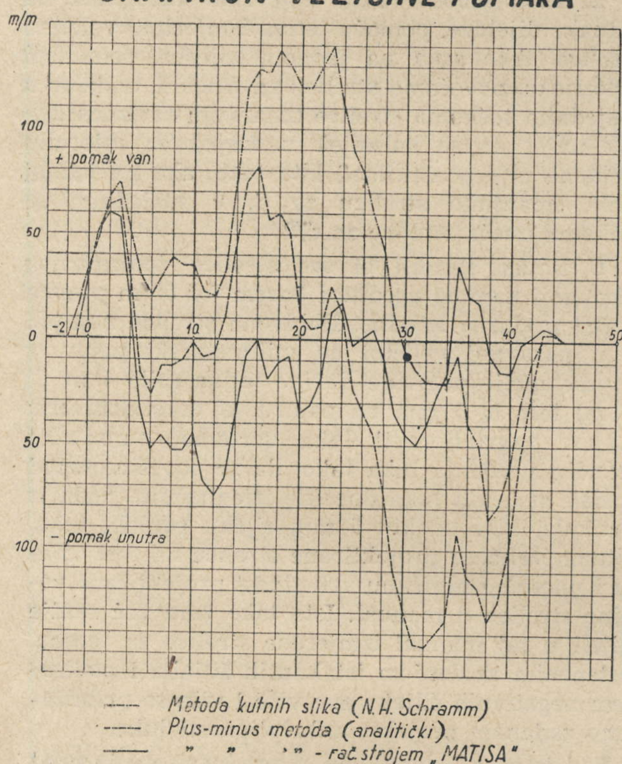
Rad je spor i danguban, a prednost mu je pred metodom kutnih slika (N. H. Schramm) u tome, što u svakoj fazi rada vidimo pred sobom veličinu strelica za tu fazu rada. Osim toga su strelice numerički izražene, a projekt je crtan u naravnoj veličini. Osoblje za izvršenje toga rada ne treba neke naročite kvalifikacije i znatno se brže osposobljuje za taj rad nego za metodu kutnih slika. Negativna mu je strana, što je još sporiji od metode kutnih slika.

Inspektor francuskih željeznica g. Bienfait konstruirao je računski stroj, koji bazira na principu triju tačaka i pretstavljaju mehaničku »plus—minus« metodu.

Uz 32 mala lineala s milimetarskom razdiobom pomiču se trokutaste značke pomoću specijalnih

ručica. Strelice, snimljene na terenu, nanose se na te male lineale u naravnoj veličini i tako dobivamo na gornjoj plohi tog stroja diagram strelica, koje predstavljaju sliku zakrivljenosti toga luka. Ako sad specijalnom ručicom pomaknemo trokutastu značku, koja pokazuje veličinu strelice u jednoj tački krivine, za iznos *d* u jednu stranu, istovremeno se obje susjedne točke pomiču za iznos *d*/2 na protivnu stranu. Kod toga brojač registrira pomak samo u srednjoj točki, gdje je stvarno izvršen pomak.

Na prozirnom papiru nacrtamo projekt zakrivljenosti luka, metnemo ga iznad slike zakrivljenosti luka na stroju i okretanjem ručica nastojimo približiti značke projektu luka. Nakon relativno vrlo kratkog vremena uspjet će nam to u potpunosti ili barem sa velikim približenjem. Na brojačima, koji su ugrađeni sa strane lineala, izravno se



očitava veličina i smjer pomaka, a trokutaste značke između lineala pokazuju veličinu nove strelice u milimetrima. Švicarska firma »MATISA« (Materiel industriel S. A.) Lausanne proizvodi te računske strojeve sistema Bienfait pod imenom »Calculateur Matisa«. Direkcija J. Željeznica Zagreb nabavila je dva takva računska stroja i njihovom pomoću sa mnogo uspjeha uređuje svoje krivine. Kod toga je po jedan službenik za svaki stroj u stanju, da uz svoj redovan rad još savlada rektifikaciju svih lukova za koje mu teren pošalje potrebne podatke.

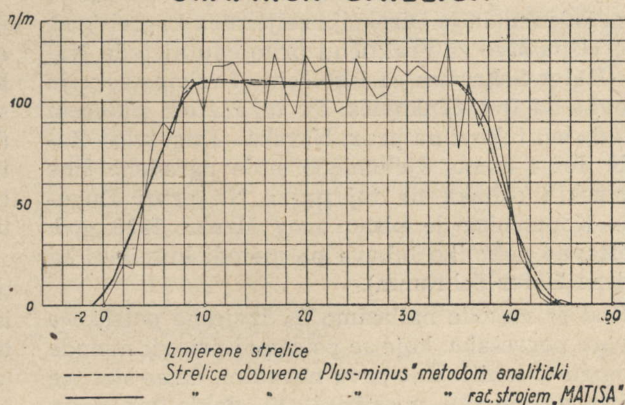
U časopisu »Željeznice« br. 9 od septembra 1953 Ing. Murko u članku »O načinih rekonstrukcij geometričnih oblik tirnih lokov« iznosi, da bi se neka druga metoda mogla održati osim metode kutnih slika, kad bi davala točnije rezultate iskolčenja ili brži i pregledniji tok rada.

Da bi se usporedile sve tri metode rektifikacije lukova, odabrao sam luk u km 427 pruge Zagreb—Karlovac, koji je godine 1951 obradila ekipa II Sekcije z. o. p. (Ing. Vuković) po metodi N. H. Schramm i grafički sam nanio veličinu tih pomaka.

Po analitičkoj »plus—minus« metodi izračunao sam, za iste snimljene strelice, veličine pomaka, i u istom mjerilu su naneseni pomaci uz pomake po metodi N. H. Schramm.

Konačno sam sa kalkulatorom »Matisa« također izračunao veličine pomaka i strelica za taj isti luk i ucrtamo u taj grafikon.

Ovdje je uzet proizvoljan luk, koji je rađen po metodi kutnih slika i obrađen je i po »plus—minus«



metodi bez nekog naročitog dotjerivanja. Isto takav bio je i rad s kalkulatorom »Matisa«. Bez daljnjega dopuštam, da se za taj slučaj mogao izraditi po metodi kutnih slika i savršeniji oblik luka, s manjim pomacima nego što je to prikazano u tom primjeru; isto tako tvrdim, da se i s analitičkom »plus—minus« metodom, a pogotovo s kalkulatorom »Matisa«, mogu postići bolji rezultati.

Usporedimo li crte pomaka na pojedinim tačkama luka, vidimo, da postoji velika sličnost u obliku slika pomaka, naročito u ekstremnim tačkama. Veličine pomaka su dakako različite, ali se veličine strelica kod obiju »plus—minus« metoda vrlo malo međusobno razlikuju.

Za uređenje tog luka po metodi kutnih slika utrošena su gotovo 2 radna dana; za analitičku »plus—minus« metodu nešto preko 3 dana, a s kalkulatorom »Matisa« svega 2 sata i 30 minuta, pri čemu je uvježbanost u radu za sve tri metode bila vrlo osrednja i podjednaka. Ako usporedimo ta vremena i pogledamo veličine pomaka kod tih metoda, onda vidimo, da »Calculateur Matisa« ima sve preduvjete da uspješno stupi u borbu s ostalim metodama za uređenje kolosječnih lukova.

Zagreb, decembra 1953.

NOMOGRAM ZA DIMENZIONIRANJE ARMINIRANIH BETONSKIH NOSAČA

Ing. **Sejfudin Muftić**, Ljubljana

U dvjema poznatim formulama za dimenzioniranje armiranih betonskih nosača pravokutnog presjeka,

(1) $$h = r\sqrt{\frac{M}{b}},$$

(2) $$f_a = t\sqrt{Mb}$$

pretpostavimo, da su promjenljive vrijednosti M i b jednake jedinici. S tom pretpostavkom spomenute formule dobivaju jednostavan oblik

(3) $$h = r\ ,$$

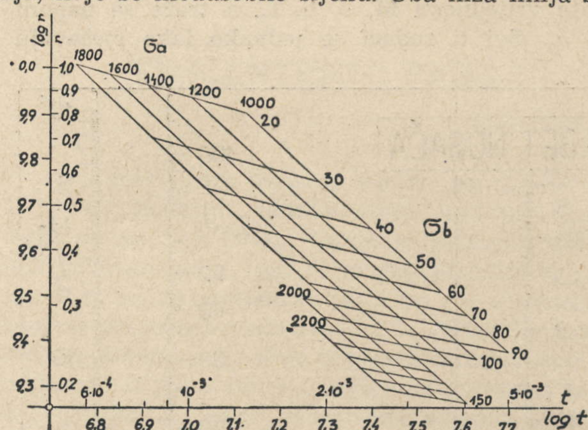
(4) $$f_a = t\ .$$

U jednadžbama (3) i (4) su visina nosača i presjek armature funkcije samo naprezanja betona i željeza. Te dvije jednadžbe ćemo prikazati jednim diagramom u Kartezijevim koordinatama tako, da i apscise i ordinate imaju logaritmičku podjelu. Tada će koordinate diagrama biti

(5) $$y = \log r = \varphi(\sigma_b, \sigma_a)\ ,$$

(6) $$x = \log t = \psi(\sigma_b, \sigma_a)\ .$$

U diagramu (sl. 1) dobili smo dva niza krivih linija, koje se međusobno sijeku. Oba niza linija su



Sl. 1.

tako ispružena, da se na prvi pogled čine kao da su pravci. Mi ćemo u daljnjem dijelove tih linija između susjednih tačaka smatrati pravcima. Osobito je važno, da su koordinate diagrama logaritmički nanesene, što će se vidjeti iz daljnjeg razlaganja.

Ta dva niza linija ćemo transformirati iz Kartezijevog u paralelni koordinatni sistem. Kao što je poznato, pri ovoj transformaciji se pravac Kartezijeva sistema pretvara u tačku paralelnog sistema i obrnuto. Kada bi, dakle, linije σ_b i σ_a u diagramu bile prave, onda bi svakom takovom pravcu odgovarala po jedna tačka u paralelnom sistemu, a niz jedne grupe pravaca bi u paralelnom sistemu dobio oblik ljestvice. Tako bismo iz toga diagrama transformacijom dobili u paralelnom sistemu dvije ljestvice (za σ_b i σ_a). U našem slučaju, jer ćemo odsječke između dvije susjedne tačke smatrati pravim linijama, dobićemo za svaki odsječak po jednu tačku u paralelnom sistemu. Kako se svaka linija sastoji od više odsječaka, to ćemo mjesto jedne linije iz diagrama u paralelnom sistemu dobiti nekoliko tačaka, koje ćemo spojiti u jednu krivulju. Prema stepenu ispruženosti linije u Kartezijevu sistemu, biti će ova krivulja u paralelnom sistemu veća ili manja.

Postanak paralelnog sistema iz Kartezijeva možemo sebi pretstaviti tako, da kod transformacije os Y ostane nepomična, dok se os X pomiče na desno, u istom smjeru, koji ima ta os, za neku određenu dužinu, zatim se poslije translacije zaokrene oko novog položaja nulte tačke protivno smislu okretanja satne kazaljke za toliko, da bude paralelna na osi Y. Zbog jednostavnosti, neka bude razmak između paralelnih osi jednak jedinici, jer dobivenu sliku lako možemo smanjivati ili povećavati množenjem s nekim koeficijentom manjim ili većim od jedinice. Taj pararelni sistem postavićemo u novi Kartezijev sistem s ishodištem u početnoj tački osi Y paralelnog sistema. Za razliku od prvobitnog Kartezijevog sistema, označićemo koordinate novog sistema sa ξ i η.

Uzmimo bilo koje dvije susjedne tačke iz diagrama (sl. 1) s koordinatama $(x_n\ y_n)$ i $x_n + 1$ $y_n + 1)$; od pravca povučenog kroz ove dvije tačke, tada će vrijediti samo dio između ovih dviju tačaka, to jest za područje $\Delta x = x_{n+1} - x_n$, $\Delta y = y_{n+1} - y_n$. Transformacijom toga pravca u paralelni sistem, koji smo stavili u novi Kartezijev sistem s novim pravokutnim koordinatama ξ i η, dobićemo nove koordinate

(7) $$\xi_{n,n+1} = \frac{\Delta y}{\Delta y + \Delta x},$$

(8) $$\xi'_{n,n+1} = 1 - \xi_{n,n+1} = \frac{\Delta x}{\Delta y + \Delta x},$$

(9) $$\eta_{n,n+1} = y_n\ \xi'_{n,n+1} + x_n\ \xi'_{n,n+1} = y_{n,n+1}\ \xi'_{n+1} + x_{n+1}\ \xi_{n+1}\ .$$

Prema jednadžbi (9) potpuno je isto, hoćemo li za izračunavanje ordinate uzeti u račun ordinatu y_n ili y_{n+1}.

Na gore opisani način izračunate su u srednjem dijelu nomograma koordinate dvaju nizova krivulja, koji pretstavljaju napone u betonu σ_b i armaturi σ_a. Lijevo i desno su osi paralelnog sistema, na koje bi se mogla nanijeti logaritmička podjela, koja je u našem slučaju odabrana za lijevu os $(y = \log r)$ veličine modula $\mu = 25$ mm, a za desnu $(x = \log t)$ veličine $\mu_t = 500$ mm. Svaka prava linija, koja spaja dva određena napona σ_b i σ_a, presijecala bi na osima pripadajuće vrijednosti: lijevo log r, a desno log t. Kod upotrebe nomograma te nas vrijednosti ne zanimaju, zbog čega osi paralelnog sistema i nemaju podjele, dok je za konstrukciju nomograma potrebno znati početak i ve-

ličinu (modul) obiju ljestvica. Za samu upotrebu nas zanimaju samo sjecišta pravca, koji spaja tačke napona σ_b i σ_a s paralelnim osima. Zbog toga što osi paralelnog sistema nemaju podjele, nazivamo ih pomoćnim linijama.

Ostala dva dijela nomograma, lijevo i desno od pomoćnih linija, lako se konstruiraju na ovaj način:

Kad logaritmiramo jednadžbe (1) i (2), dobivamo

$$\log h = \log r + \log \sqrt{\frac{M}{b}}, \qquad (10)$$

$$\log f_a = \log t + \log \sqrt{Mb}\,. \qquad (11)$$

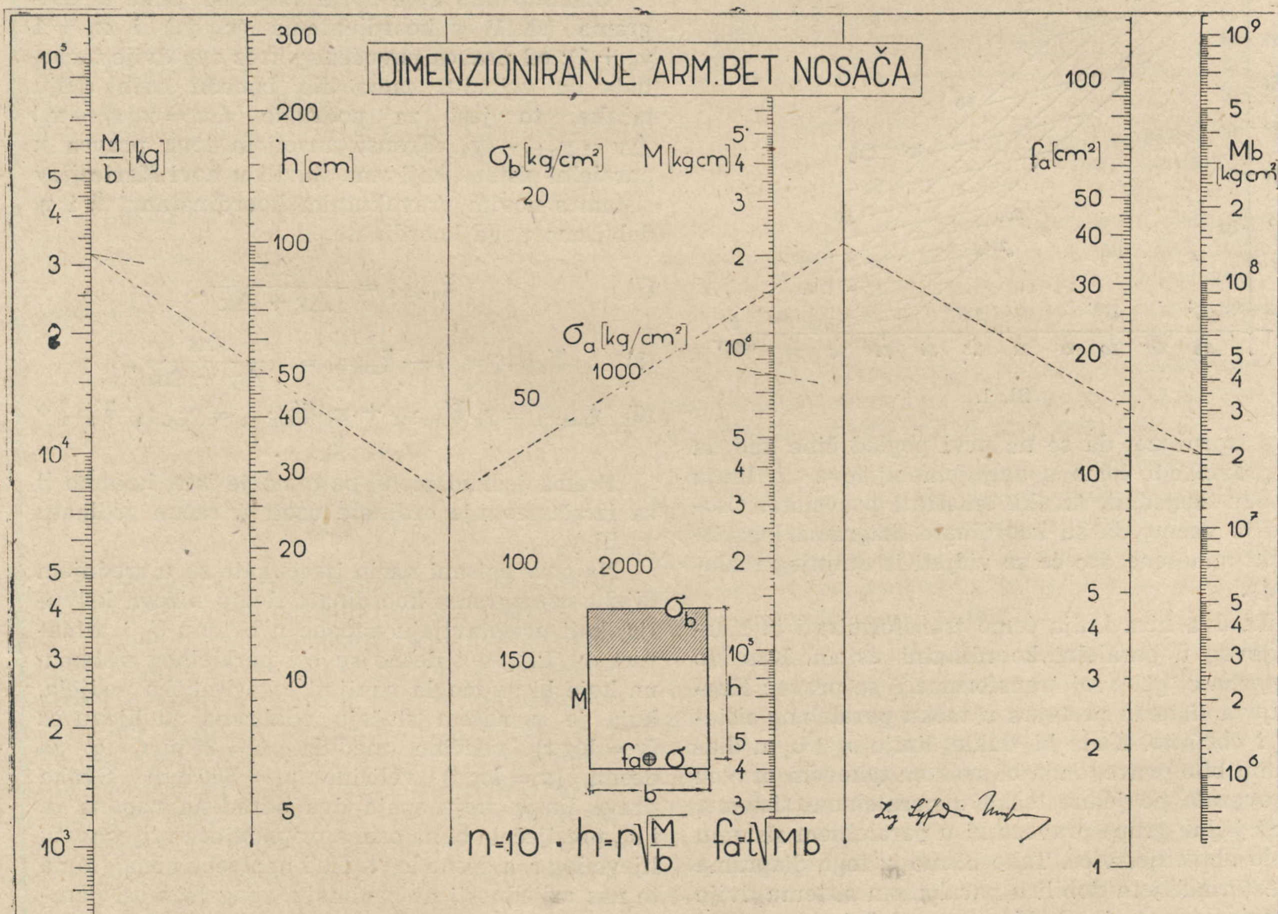
Jednadžbe (10) i (11) su tipičan oblik jednadžbi, koje se u paralelnom sistemu mogu lako prikazati sa tri paralelne prave ljestvice s logaritmičkom podjelom. Za konstrukciju ta dva dijela nomograma imamo već pripremljene (neoznačene) ljestvice log r i log t. Vodeći računa o položaju i veličini tih dviju ljestvica, lako konstruiramo položaj i veličinu ljestvica za $\log \sqrt{\frac{M}{b}}$ i log h na lijevoj, a za $\log \sqrt{Mb}$ i log f_a na desnoj strani nomograma. Krajnjim vanjskim ljestvicama su date oznake bez korijena, dakle $\frac{M}{b}$ i Mb.

S tim dvjema ljestvicama je u neposrednoj vezi ljestvica za momenat opterećenja nosača M, a nalazi se u blizini desne pomoćne linije, na njenoj lijevoj strani. Kad spojimo vrijednosti $\frac{M}{b}$ i Mb krajnjih ljestvica pravom linijom, ova siječe na spomenutoj ljestvici za M vrijednost momenta opterećenja, koji je impliciran u vrijednostima $\frac{M}{b}$ i Mb. Tako nam ljestvica za M olakšava dobivanje vrijednosti M i b.

Ključ za očitavanje nomograma je pravac, koji se lomi na dvjema pomoćnim linijama. Kao što se vidi iz samog nomograma, dimenzije promjenljivih vrijednosti su uzete u kg, cm itd.

Od šest promjenljivih vrijednosti: M, b, h, f_a, σ_b, σ_a zadate su četiri, čime su već određene preostale dvije vrijednosti. Na nomogramu spojimo pravim linijama poznate četiri vrijednosti, a preostale dvije vrijednosti se dobiju prema gore opisanom ključu.

Nomogramom se dakle mogu rješavati svi zadaci, kojim su zadate bilo koje četiri od spomenutih promjenljivih vrijednosti. Najčešće su za dimenzioniranje date vrijednosti M, b, σ_b, σ_a, a traže se h i f_a, dok su kod ispitivanja gotovih presjeka zadate vrijednosti M, b, h, f_a, a traže se naponi σ_b i σ_a. Svi ti zadaci se jednako lako rješavaju



Sl. 2.

nomogramom. Pri tome nisu potrebne ni tablice, ni logaritamsko računalo. Nomogram može biti koristan u konstrukcionom birou, kao i na gradilištu, ako su n. pr. potrebne izmjene dimenzije ili armature nosača.

Valja napomenuti još jednu osobinu nomograma, da na pregledan način daje uvida u funkcionalnu zavisnost svih šest promjenljivih vrijednosti, šta se ne da postići nikakvim drugim grafičkim tablicama, a pogotovo ne formulama ili numeričkim tablicama.

Upotreba nomograma je laka, što će se vidjeti iz nekoliko slijedećih primjera.

P r i m j e r 1. Dimenzioniranje ploče. Zadano: $M = 1{,}66 \cdot 10^5$ kgcm, $\sigma = 1400/70$ kg/cm². Traži se visina ploče i armatura. Širina ploče se uzima 100 cm. $\frac{M}{b} = 1{,}66 \cdot 10^3$ kg; $Mb = 1{,}66 \cdot 10^7$ kgcm².

Spojimo naprezanja $\sigma_a = 1400$ kg/cm² i $\sigma_b = 70$ kg/cm² na srednjem dijelu tablice, a sjecište spojke s pomoćnim linijama spojimo sa $\frac{M}{b} = 1{,}66 \cdot 10^3$ kg na lijevoj strani tablice, pa pročitamo na ljestvici za h vrijednost 12,6 cm. Zatim spojimo sjecište iste spojke sa desnom pomoćnom linijom sa vrijednošću $Mb = 1{,}66 \cdot 10^7$ kg/cm², pa na ljestvici za f_a pročitamo vrijednost 10,5 cm². Prema tablicama za isti slučaj nađemo: $c_1 = 0{,}311$; $c_2 = 0{,}00259$; $h = 12{,}65$ cm; $f_a = 10{,}55$ cm².

P r i m j e r 2. Dimenzioniranje nosača. Zadano: $M = 8 \cdot 10{,}0^5$ kgcm, $b = 25$ cm, $\sigma = 1200/70$ kg/cm². Traži se h i f_a. Izračunamo $\frac{M}{b} = 3{,}2 \cdot 10^4$ kg; $Mb = 2 \cdot 10^7$ kg/cm². Ključ na nomogramu (crtkana linija) pokazuje ovaj primjer. Postupak je analogan primjeru 1. Nalazimo: $h = 53{,}0$ cm; $f_a = 14{,}2$ cm². Računski po tablicama dobijemo: $c_1 = 0{,}297$; $c_2 = 0{,}00319$; $h = 53{,}2$ cm; $f_a = 14{,}25$ cm².

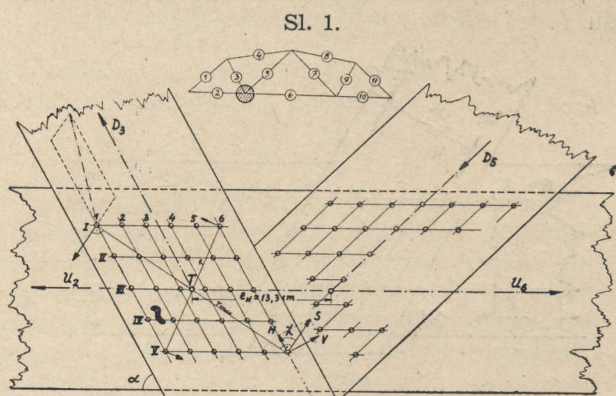
P r i m j e r 3. Zadano: $M = 6 \cdot 10^5$ kgcm, $b = 20$ cm, $h = 60$ cm, $fa = 7{,}8$ cm². Traže se naprezanja betona i armature. Izračunamo $\frac{M}{b} = 3 \cdot 10^4$ kg; $Mb = 1{,}2 \cdot 10^7$ kgcm². Dobiveni $\frac{M}{b}$ spojimo sa zadatim h, a Mb spojimo sa f_a do pomoćnih linija. Dobivena sjecišta spojimo, zatim pročitamo naprezanja $\sigma_b = 60$ kg/cm², $\sigma_a = 1400$ kg/cm².

EKSCENTRIČNI PRIKLJUČAK ŠTAPOVA DRVENE REŠETKE

Ing. Ivan Glogolja, Zagreb

Kod priključka štapova ispune na pojase rešetkastih čavlanih nosača često nastupa slučaj ekscentričnosti u čvoru. Ovdje je prikazan postupak izračunavanja, koji bi mogao poslužiti u praksi. U tu svrhu promatran je za taj slučaj označeni čvor rešetkastog nosača na slici 1. Vertikalno opterećenje konstrukcije daje u promatranom štapu (3) najveću aksijalnu silu D_3, koju mogu preuzeti čavli u čvoru (sl. 2). Kako se težišnice štapova (3) i (5)

Sl. 1.



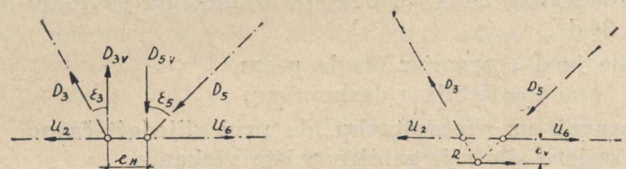
Sl. 2.

ne sijeku u jednoj točci, nastaje u čvoru momenat okretanja, koji prouzrokuje preopterećenje spoja. Nakon što su ustanovljene sile u štapovima, odredimo veličine vertikalnih komponenata sila u dijagonalama i momenat okretanja u čvoru. Za promatrani slučaj, da u čvoru ne napada teret ($P = 0$), taj momenat ima prema slici 3a vrijednost

$$M_A = D_{3v} \cdot e_H$$

ili prema slici 3b

$$M_A = (U_6 - U_2) \cdot e_v$$



Sl. 3.

Uz pretpostavku, da su štapovi na podjednak način spojeni u čvoru čavlima, a na suprotnom kraju centrično priključeni i potpuno upeti, raspodjelit će se taj momenat na sve štapove čvora razmjerno krutostima štapova ($K = J/l$) u ravnini rešetke. Od čitavog momenta preuzeo bi štap (3) približno

$$M_a = M_A \cdot \frac{K_3}{\Sigma K},$$

gdje ΣK označuje zbroj krutosti štapova priključenih u čvoru A. Napadni momenat na jednom štapu M_a nastoji izvršiti rotaciju oko težišta spoja T. Tome se odupiru spojna sredstva s momentom unutarnjih sila M_u

$$M_a = M_u = S_1 \cdot r_1 + S_2 \cdot r_2 + \ldots\ldots S_n \cdot r_n \quad (1)$$

Pretpostavljamo da su sile u čavlima proporcionalne udaljenostima od središta rotacije T:

$$\frac{S_1}{r_1} = \frac{S_2}{r_2} = \ldots\ldots = \frac{S_n}{r_n},$$

tako da je $S_2 = S_1 \frac{r_2}{r_1}$ itd.

Ako to uvrstimo u jednadžbu (1), dobivamo

$$M_a = \frac{S_1}{r_1} (r_1^2 + r_2^2 + \ldots\ldots r_n^2), \text{ a odavde}$$

$$S_1 = \frac{M_a \cdot r_1}{\Sigma r^2} \text{ odnosno } S_{max} = \frac{M_a \cdot r_{max}}{\Sigma r^2},$$

gdje je n broj spojnog sredstva u čvoru.

Dobivenu silu S_{max} rastavimo u komponentu usporednu sa smjerom sile u štapu t. j. u smjeru vlakanaca

$$H = \frac{M_a \cdot r_{max}}{\Sigma r^2} \cos \chi$$

i u komponentu okomitu na vlakanca

$$V = \frac{M_a \cdot r_{max}}{\Sigma r^2} \sin \chi,$$

gdje je χ kut što ga zatvara okomica na spojnicu najudaljenijeg čavla sa središtem rotacije T i smjer vlakanaca. Komponenta H u smjeru aksijalne sile s dijelom aksijalne sile D/n, koji preuzima krajnje spojno sredstvo, mora ostati u granicama dopuštenog naprezanja N za odabrane čavle. (U v j e t I).

$$\frac{D}{n} + \frac{M_a \cdot r_{max}}{\Sigma r^2} \cdot \cos \chi \leqq N.$$

Komponenta V, okomita na vlakanca, prouzrokuje vlačne napone u poprečnom smjeru na vlakanca i djeluje po dovoljno točnoj pretpostavci na uzdužni prosjek po vlakancu na dvostruku udaljenost od poprečnog ruba daske do čavla. Kako se u smislu propisa čavli zabijaju na 12d do 15d od opterećenog ruba, to ova sila djeluje na površinu a . 24 d ,

gdje je d = promjer čavla u cm,
a = debljina daske u cm,

naravno uz pretpostavku, da prvi slijedeći čavao u smjeru sile nije zabijen u isto vlakance.

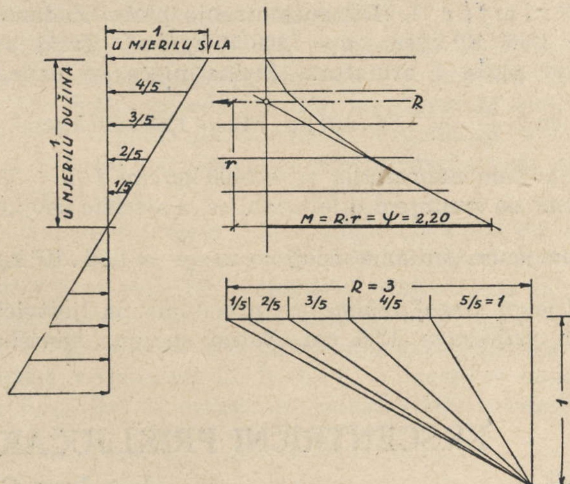
(Opaska: kod dvoreznog čavla na površinu 2 a . 24 d)

Prema ispitivanjima, koja je proveo Fonrobert, ta se čvrstoća kreće od 5—6,5 kg/cm², te je prema tome najveći dopušteni napon vlaka $\sigma_{vl}\perp$ = 5,0/3 = 1,67 kg/cm². S obzirom na razmjerno vrlo malenu vlačnu čvrstoću u poprečnom smjeru, treba ispitati i vlačne napone u spomenutom uzdužnom presjeku. (U v je t II). To naročito dolazi do izražaja tamo, gdje je krajnji čavao bliže rubu, t. j. ako je štap pritisnut, pa je rub neopterećen i prema tomu dopušteni razmak još manji (5 d). Ako je razmak 12 d, bit će

$$\sigma_{vl}\perp = \frac{V}{F} = \frac{M_a \cdot r_{max}}{\Sigma r^2} \sin \chi \frac{1}{a \cdot 24\, d} \leqq 1{,}67 \text{ kg/cm}^2.$$

Analogno približnom načinu izračunavanja spojeva opterećenih aksijalnom silom i momentom savijanja kod čeličnih konstrukcija i ovdje se možemo poslužiti približnom metodom kod simetričnog i pravilnog rasporeda čavala u spoju.

Iz uvjeta razmjernosti sila u čavlima s naponima u spoju i uvjeta da je $M_u = M_a = N \cdot 1 \cdot \psi$ možemo grafičkim postupkom ustanoviti kojeficijente ψ za jedan red raznih rasporeda čavala tako, da dopušteno naprezanje krajnjeg čavla uzmemo s vrijednošću 1, a razmak od osi spoja također s vrijednošću 1. Odredimo li položaj i veličinu rezultante sila ispod i iznad osi te veličinu momenta ovih rezultanata, to nam veličina momenta predstavlja kojeficijent ψ (sl. 4). Do istog rezultata do-



Sl. 4.

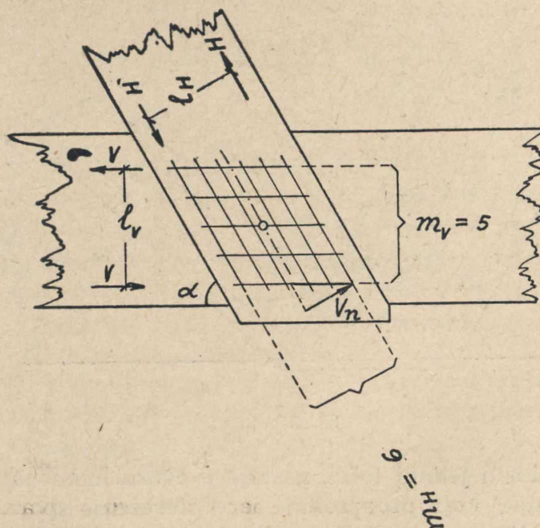
lazimo računskim putem po poznatom postupku za čelične konstrukcije, gdje je

$$\varphi = \frac{6\,(n - 1)}{n\,(n + 1)} = \frac{1}{\psi}$$

ili

$$\psi = \frac{n\,(n + 1)}{6\,(n - 1)},$$

ako je n broj zakovica odnosno čavala u jednom redu.



Sl. 5.

Stvarni dopušteni momenat dobiva se, ako se kojeficijent ψ pomnoži sa dopuštenom nosivosti čavla N i stvarnom udaljenosti vanjskih redova l_v (odnosno l_H), a kod običnog slučaja s više redova čavala još i sa brojem redova m (sl. 5):

$$M_u = N \cdot l_{max} \cdot \psi \cdot m$$

Provedemo li postupak proračuna sila za zadani vanjski momenat oko težišne osi štapa odnosno spoja, dobit ćemo najveću dodatnu silu H u smjeru aksijalne sile štapa za kontrolu prvog uvjeta

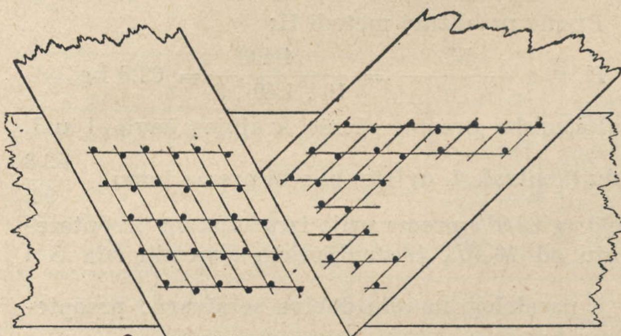
$$\frac{D}{n} + H \leqq N,$$

$$H = \frac{M_a}{l_H \cdot \psi \cdot m_V}.$$

Analogni postupak proračuna oko osi spoja usporedne s poprečnim redovima čavala dat će poprečnu silu V odnosno V_n, potrebnu za kontrolu napona u liniji čavlanja krajnjeg čavla (II. uvjet).

$$V = \frac{M_a}{l_v \cdot \psi \cdot m_H}; \qquad V_n = \frac{M_a}{l_v \cdot \psi \cdot m_H} \cdot \sin \alpha$$

Osim prednja dva uvjeta mora se zadovoljiti i III. uvjet, da maksimalni rubni naponi u oslabljenom elementu spoja ostanu u granicama dopuštenih napona



Sl. 6.

$$\sigma_{vl} = \frac{D}{F_n} + 0{,}80 \frac{M_a}{W_n} \leqq \sigma_z \text{ dop},$$

gdje indeks n označuje netto presjek, ili kod pritisnutog štapa u spoju

$$\sigma_p = \frac{D}{F} + 0{,}85 \frac{M_a}{W} \leqq \sigma_p \text{ dop}.$$

Da bi se dobio kriterij za izbor metode računa, izračunata su i sastavljena u tabeli I dopuštena naprezanja grupe čavala kao cjeline u udaljenostima označenim na skicama. Kod slučaja sa znatno razmaknutim redovima dolazi do izražaja prednost primjene točnijeg postupka. Za daljnju usporedbu navedeno je u trećem horizontalnom redu dopušteno naprezanje istih grupa, ali tako, da su svi čavli uzeti s punim dopuštenim naprezanjem, t. j. rezultanta polugrupe je $R = \frac{n}{2} \cdot N_1$, a krak momenta je u težištu lika polugrupe. U posljednja dva reda dana je razlika dopuštenog naprezanja prema točnijem računu iz prvog reda s predznacima, koji

TABELA I

PRORAČUNATA NOSIVOST GRUPE ZA $N_1 = 1$

NAČIN PRORAČUNA	4	8	12	16	20
$N_I = \frac{\Sigma(r^2)}{r}$	11,3	25	43	66	94
$N_{II} = l_{max} \cdot \psi \cdot m$	8	20	37	60	88
$N_{III} = R_{\frac{n}{2}} \cdot r_{\frac{n}{2}}$	8	24	48	80	120
Δ_{II}	-3,3	-5	-6	-6	-6
$\frac{\Delta_{II} \cdot 100}{N_I}$	-29%	-20%	-13,4%	-9%	-6,4%
Δ_{III}	-3,3	-1	+5	+14	+26
$\frac{\Delta_{III} \cdot 100}{N_I}$	-29%	-4%	+11,6%	+21%	+28%

označuju manjak (—) ili višak (+) iznad dopuštenog naprezanja po točnijem računu.

Analiza prikazanih načina mogla bi se rezimirati ovako: točnost prvog načina je to veća što je veći pripadni dio aksijalne sile prema sili od momenta u krajnjem čavlu. Pogreška je naznatna; u brojčanom primjeru iznosi oko 6% na štetu sigurnosti. S obzirom na podatljivost čavala kao i neiskorištenje ostalih čavala u grupi ta se pogreška može tolerirati i postupak smatrati dovoljno točnim. S druge strane postoji mogućnost da se pogreška sasvim ukloni sastavljanjem sila u krajnjem čavlu u paralelogram sila.

Drugi način daje netočne vrijednosti koje su manje od stvarnih, kao i od onih koje su proračunate po prvom postupku; pogreška je dakle u korist sigurnosti spoja. Netočnost je to manja što je veći omjer razmaka krajnjih čavala u oba smjera. Ta činjenica naročito dolazi do izražaja kod proračuna sila koje djeluju na krajnje čavle. Kao što se vidi iz primjera, rezultati dimenzioniranja mogu dati previsoku sigurnost. Prigovoriti bi se moglo, da je i po točnijem računu općenito potreba čavala znatna s razloga, što je u čvoru rešetke razmještaj spojnog sredstva ograničen na vrlo malenu površinu, a što se kod ostalih sastavaka otpornih za savijanje obično može izbjeći. Postupak može međutim dosta dobro poslužiti u praksi za orijentaciju, to više što je netočnost u korist sigurnosti. U tabeli II izračunati su koeficijenti ψ za raspored prema skicama.

TABELA II

KOJEFICIJENTI ψ ZA PRORAČUN $M_u = N \cdot l_{max} \cdot \psi \cdot m$

BROJ ČAVALA U JEDNOM REDU ⊗								
2(3)	4(5)	6(7)	8(9)	10(11)	4	6	8	10
ψ =								
1,0	1,25	1,55	1,88	2,20	1,11	1,40	1,72	2,04

⊗ U ZAGRADAMA UKLJUČEN JE ČAVAO U OSI SIMETRIJE.

Treći način ne dolazi u obzir, jer rezultati, kako se vidi iz desne polovice tabele, mogu dati nerealnu sliku sigurnosti, koja stvarno ne postoji.

Kod nepravilnog rasporeda čavala treba provesti točniji postupak na način prikazan u uvodu.

Brojčani primjer.

Za ilustraciju promotrit ćemo štap (3), kao konkretan slučaj vlačne diagonale u rešetki sa silom $D_3 = 2\,700$ kg, uz pretpostavku da je nosivost spojnog sredstva potpuno iskorištena.

Ekscentricitet $e_H = 13{,}3$ cm, $\varepsilon_3 = 29^0$, odabrani čavli 34/70 sa brojem i rasporedom prema slici 2.

$M_A = D_3 \, . \cos \varepsilon_3 \, . \, e_H = 2\,700 \, . \, 0{,}874 \, . \, 13{,}3 = 31\,400$ kgcm.

Račun prenosnih koeficijenata

Štap	l (dm)	I (dm⁴)	$K = \frac{1000\ J}{l}$	K/ΣK
2	25,0	$1{,}2 \, . \, 1{,}8^3/12 = 0{,}583$	583/25 = 23,32	0,57
3	19,0	$2 \, . \, 0{,}24 \, . \, 1{,}4^3/12 = 0{,}110$	110/19 = 5,80	0,14
5	30,0	$2 \, . \, 0{,}24 \, . \, 1{,}6^3/12 = 0{,}164$	164/30 = 5,45	0,13
6	43,0	$\frac{1^*}{2} \, . \, 1{,}2 \, . \, 1{,}8^3/12 = 0{,}292$	292/43 = 6,79	0,16
* zbog simetrije.			ΣK = 41,36	1,00

Za štap (3) $M_a = M_A \, . \frac{K_3}{\Sigma K} = 0{,}14 \, . \, 31\,400 = 4\,400$ kgcm.

Tabela III. — Σr^2

RED:		Čavao 1	2	3	4	5	6	Suma r² za 1 red	oba reda	
I	r	10,7	9,9	7,3	6,3	6,0	6,6			
	r²	114	98	53,1	39,6	36	43,6	384,3	768,6	65%
II	r	7,9	5,8	4,0	3,0	3,5	5,1			
	r²	62,3	33,6	16	9	12,2	26	159,1	318,2	27%
III	r	5,8	3,4	1,15	1,15	3,4	5,8			
	r²	33,6	11,6	1,3	1,3	11.6	33,6	93,0	93,0	8%
						Suma r²		= 1 179,8		100%
						ili okruglo		1 180		

$$S_{max} = \frac{M_a \, . \, r_{max}}{\Sigma r^2} = \frac{4\,400 \, . \, 10{,}7}{1\,180} = 39{,}8 \text{ kg} .$$

Sila zatvara s vlakancima kut $\chi = 62^0$; $\sin \chi = 0{,}882$, $\cos \chi = 0{,}469$.

$H = S_{max} \, . \cos \chi = 39{,}8 \, . \, 0{,}469 = 18{,}6$ kg,

pa je prema tome preopterećenje krajnjeg čavla $\frac{18{,}6}{90} \, . \, 100 = 20{,}4\%$ (kontrola prvog uvjeta).

$V = S_{max} \, . \sin \chi = 39{,}8 \, . \, 0{,}882 = 35{,}2$ kg.

Ova se sila raspodjeljuje na dužinu 2 . 12 d i na širinu obiju dasaka, pa je vlačni napon

$$\sigma_{vl}\perp = \frac{35{,}2}{2 \, . \, 12 \, . \, 0{,}34 \, . \, 2{,}4 \, . \, 2} = 0{,}89 \text{ kg/cm}^2,$$

što pruža minimalnu sigurnost na prelom $n = \frac{5{,}0}{0{,}89} = 5{,}6$ - struku (kontrola II. uvjeta).

Naponi u štapu (3) uslijed aksijalne sile $D_3 = 2\,700$ kg:

$$\sigma_{vl} = \frac{2\,700}{2 \, . \, 2{,}4 \, (14{,}0 - 6 \, . \, 0{,}34)} = 47{,}0 \text{ kg/cm}^2,$$

dakle znatno ispod dopuštenog napona na vlak za crnogoricu II. klase. Za oslabljeni presjek samo u vlačnoj zoni približni

$$I = \frac{2 \, . \, 2{,}4 \, . \, 14^3}{12} - 2 \, . \, 2{,}4 \, . \, 0{,}34 \, (1^2 + 3^2 + 5^2)$$

$= 940$ cm⁴,

$$W_n = \frac{940}{7} = 134 \text{ cm}^3,$$

$$\sigma_M = \frac{4\,400}{134} = 32{,}9 \text{ kg/cm}^2,$$

ili ukupni napon na ekscentrični vlak

$$\sigma = \frac{D_3}{F_n} + 0{,}8 \frac{M_a}{W_n}$$

$= 47{,}0 + 0{,}8 \, . \, 32{,}9 = 73{,}3$ kg/cm²,

što je u granicama dopuštenih napona za crnogoricu II. klase (kontrola III. uvjeta).

Prema približnoj metodi II:

$$H = \frac{M}{l_H \, . \, \psi \, . \, m_v} = \frac{4\,400}{10 \, . \, 1{,}40 \, . \, 5} = 62{,}8 \text{ kg},$$

Računsko preopterećenje krajnjeg čavla 1 u I. redu (kontrola I. uvjeta) bilo bi prema tomu $\frac{62{,}8}{90} \, . \, 100 = 68{,}9\%$ prema prije izračunatom preopterećenju od 20,4%. Sastavljanjem stvarnih sila S i $\frac{D}{n}$ u paralelogram sila dobiva se stvarno preopterećenje od $\frac{115 - 90}{90} \, . \, 100 = 28\%$, dakle je drugi način dao $\frac{152{,}8 - 115}{115} \, . \, 100 = 33\%$ griješku, ali u korist sigurnosti.

$$V = \frac{M_a}{l_v \, . \, \psi \, . \, m_H} = \frac{4\,400}{12 \, . \, 1{,}25 \, . \, 6} = 49{,}0 \text{ kg},$$

$V_n = V \, . \sin \alpha = 49{,}0 \, . \, 0{,}875 = 42{,}8$ kg,

dok je po prvom točnom načinu izračunato $V_n = V = 35{,}2$ kg, što daje razliku od 22%.

$$\sigma_{vl}\perp = \frac{42{,}8}{2 \, . \, 12 \, . \, 0{,}34 \, . \, 2{,}4 \, . \, 2} = 1{,}08 \text{ kg/cm}^2$$

(kontrola II. uvjeta), što još uvijek daje $\frac{5{,}0}{1{,}08} = 4{,}6$ - struku sigurnost

Kad bi štap (3) slučajno bio pritisnut s minimalnim dopuštenim razmakom 5 d od neopterećenog ruba, bio bi stvarni napon

$$\sigma_{vl}\perp = \frac{35{,}2}{2 \, . \, 5 \, . \, 0{,}34 \, . \, 2 \, . \, 2{,}4} = 2{,}14 \text{ kg/cm}^2,$$

što je znatno iznad dopuštene granice napona .

Iz prednjeg razmatranja i primjera razabire se, da je ovakav čavlani spoj krut, te se uslijed toga priključeni elemenat drugačije ponaša prilikom deformacije sistema nego zglobno priključeni štap. U sistemu nastupaju sekundarni naponi savijanja.

Da bi se mogla dobiti približna slika o utjecaju krutosti čvorova, izračunati su na osnovu pomaka iz slike 7 deformacioni momenti kod punog vertikalnog opterećenja (slika 8) i u tabeli IV sasta-

TABELA IV

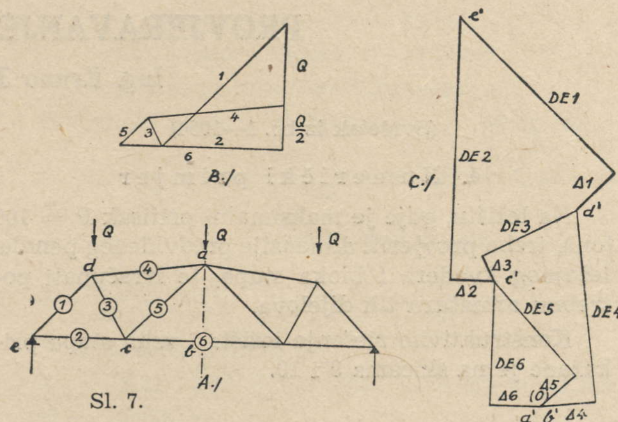
PRORAČUN DEFORMACIONIH NAPONA.

ŠTAP	SILA P U ŠTAPU kg	PRESJEK OBLIK	PRESJEK b/h cm	F cm²	$\sigma = \frac{P}{F}$ kg/cm²	l cm	$\sigma \cdot l$ $(= \Delta s \cdot E)$
1	-14800	■	12/20	240	-62	230	-14250
2	+10200	■	12/18	216	+47	250	+11750
3	+2700	‖	2·2,4/14	67	+40	190	+7600
4	-11700	■	12/20	240	-49	308	-15100
5	-3350	‖	2·2,4/16	77	-44	300	-13200
6	+13700	■	12/18	216	+63	$\frac{1}{2}$ 430	+13550

ŠTAP	J cm⁴	$\frac{J}{l}$	$6\frac{J}{l^2}10^4$	$D \cdot E$	$M = D \cdot E \cdot 6\frac{J}{l^2}$	$M_{KONAČ}$ kgcm	W cm³	$\Delta\sigma$ kg/cm²
1	8000	33,3	9070	59100	53600	1900 6400	800	± 2,37 ± 8,00
2	5832	23,3	5600	71000	39800	1800 7700	638	± 2,82 ± 12,10
3	1100	5,80	1830	28500	5210	3500 2400	157	± 22,3 ± 15,3
4	8000	26,0	5060	51500	26100	2900 11600	800	± 3,62 ± 14,50
5	1640	5,40	1090	33000	3450	400 1600	205	± 1,95 ± 7,80
6	5832	13,50	-	32900	-	4900	638	± 7,70

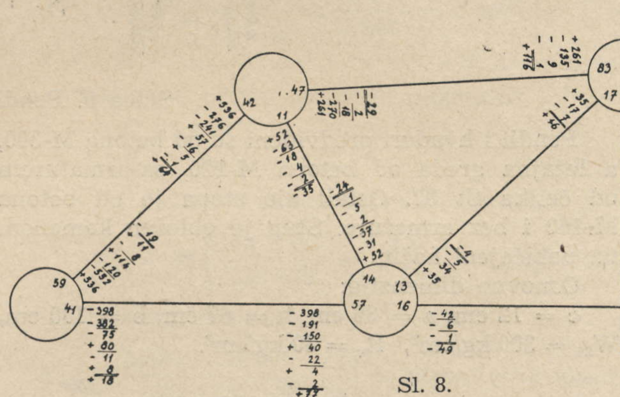
Na kraju treba spomenuti utjecaj vlažnosti odnosno stezanja drveta prilikom naknadnog sušenja. vljeni dodatni naponi savijanja, koji u promatranom štapu dosižu znatne vrijednosti.

Prema rezultatima Kollmannovih ispitivanja omorika i jela od svježeg do potpuno suhog stanja imaju ukupno stezanje radijalno 3,6% odnosno 3,8%, a tangencijalno 7,8% odnosno 7,6%. Kod stanja od 25% vlažnosti preostaje još 75% neizvršenog linearnog stezanja, t. j. za ukupno srednje stezanje od 6% nastaje 0,18% stezanja za svaki stupanj opadanja vlažnosti. Prema elementarnom načinu računa uz propisima predviđeni modul elastičnosti i fiksirano spojno sredstvo na podlozi (na pr. štap ispune na pojasu) nastao bi za 1% opadanja vlažnosti vlačni napon u veličini od cca 5 kg/cm² (σ = 0,0018 . 3 000 = 5,4 kg/cm²). To znači, ako čavao promjera 0,34 cm, zabijen u dasci 2,4 cm debljine, spriječi stezanje samo na širini dva svoja



Sl. 7.

promjera, djelovat će na nj sila 2 . 0,34 . 2,4 . 5,0 = 8 kg. S obzirom na nedostatak podataka o promjeni modula elastičnosti drveta u ovisnosti o veličini napona i elastičnosti spoja kao i s obzirom na brzo prekoračenje granice elastičnosti, ovi su rezultati daleko od stvarnosti, ali ipak pokazuju, da postoje znatni utjecaji uslijed promjene vlažnosti. Nakon


Sl. 8.

ovog razmatranja pojavljuju se aproksimacije primijenjene u približnoj metodi u sasvim drugom svjetlu.

Na osnovu čitavog izlaganja može se postaviti slijedeći

zaključak

1. Kod čvorova gusto ispunjenih spojnim sredstvom treba izvršiti računsku kontrolu time, da se zadovolje uvjeti I, II i III.

2. Ako su štapovi obilno dimenzionirani i spojno sredstvo rijetko razmješteno, računska kontrola djelovanja ekscentričnog priključka štapa nije potrebna. U takovom slučaju treba čavle razmjestiti na krajnje poprečne redove, prvenstveno uz dijagonalne uglove, te zbog preopterećenja potreban broj povećati za 10—20%.

3. Posvetiti naročitu pažnju kod izvedbe t. j.
   a) zabijati čavle naizmjence oko linije čavlanja u razna vlakanca (vidi sliku 6),
   b) razmak čavala do ruba daske držati barem sa 15 d,
   c) za štapove ispune od dasaka birati suho drvo radi izbjegavanja pukotina uslijed stezanja, koje smanjuju nosivost spoja naknadnim sušenjem.

PROVJERAVANJE PENDLA KVADERA

Ing. Kruno Tonković, Zagreb

(Svršetak iz br. 1—1954)

4. Numerički primjer

Na ležištu, gdje je maksimalni pritisak P = 100 tona, treba provjeriti dimenzije predviđenog pendla, ležajnog kvadera i bloka stupa, te izračunati potrebnu armaturu tih dijelova.

Konstruktivno rješenje ležišta i vrha stupa prikazano je na skicama 9 i 10.

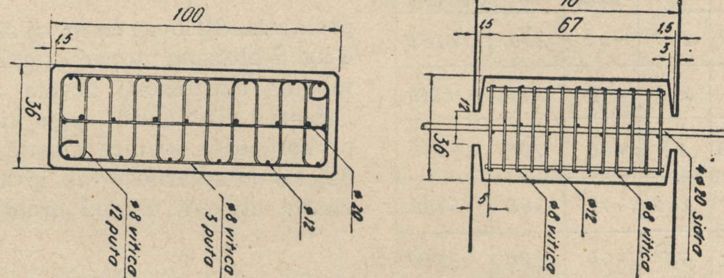
Po PTP je $\sigma_s = 84$ kg/cm², pa je prema njima:

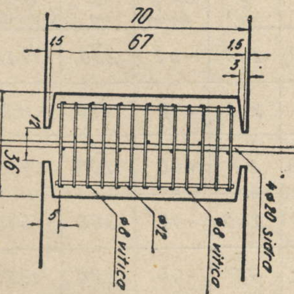
$$\sigma_{dl} = 121 \text{ kg/cm}^2 < \frac{W_{28}}{2}$$

$$\sigma_1 = \frac{P}{c \cdot b} = \frac{100000}{12 \cdot 100} = 84 \text{ kg/cm}^2 < 121.$$

Jednoliki pritisak:

$$\sigma_s = \frac{P}{a \cdot b} = \frac{100000}{36 \cdot 100} = 28 \text{ kg/cm}^2 < 84 = \sigma_{do}$$





Skica 9. Pendl s armaturom

Pendli i kvaderi predviđeni su od betona M-300, a ležajna greda od betona M-220, sa armaturom od čelika St 37. Ostali dio stupa je od betona M-160 i bez armature. Stup je obložen kamenom na uobičajeni način.

Osnovne dimenzije:

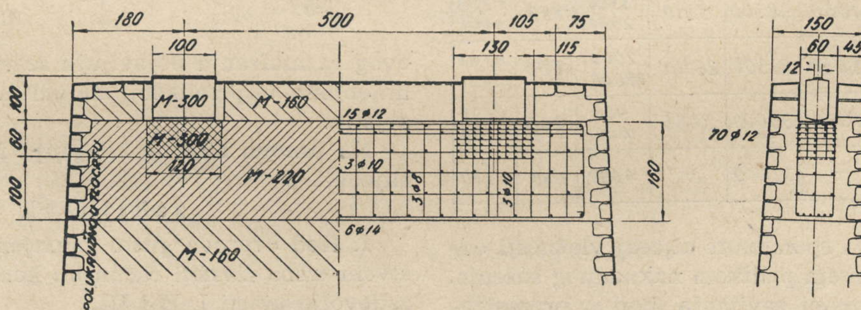
c = 12 cm, a = 36 cm, h = 67 cm, b = 100 cm, W_{28} = 300 kg/cm², R_v = 30 kg/cm².

Horizontalna sila na pendl:

Obzirom na dimenzije pendla i podatke Polivanova uzimamo koeficijent horizontalne sile na pendl od vertikalnog tereta sa $\varepsilon = 0{,}1$.

$$H = \varepsilon \cdot P = 0{,}1 \cdot 100000 = 10000 \text{ kg}.$$

Horizontalna sila u pendlu



Skica 10. Vrh stupa s armaturom

1. Pendl

1. 1. Osnovno provjeravanje

Specifični pritisak u ležaju:

$$p = \frac{P}{b} = \frac{100000}{100} = 1000 \text{ kg/cm}.$$

Prema iskustvu slom se javlja tek kad pritisak dosiže veličinu od 3000 kg/cm. S obzirom na to stanje sigurnost bi bila: n = 3000 : 1000 = 3,0 > 2.

Lokalni pritisak u zglobu:

Po Bauschingeru je dopušteni lokalni pritisak:

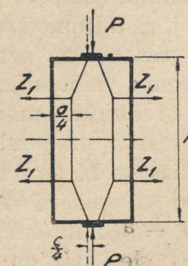
$$\sigma_{dl} = 0{,}35\, W_{28} \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{3}} = 0{,}35.300 \left(\frac{36}{12}\right)^{\frac{1}{3}} = 150 \text{ kg/cm}^2.$$

W_{28} je tlačna čvrstoća betona starog 28 dana.

Po Mörschu:

$$Z_1 = \frac{P(a-c)}{2h} = \frac{100000(36-12)}{2 \cdot 67} = 18000 \text{ kg}.$$

$$Z = 2Z_1 + H = 2 \cdot 18000 + 10000 = 46000 \text{ kg}.$$



Sile u pendlu (po Mörschu)

Mörsch predviđa povećanje osnovne armature za 50%, a dopušteni napon armature uzima sa $\sigma_{da} = 1200\ kg/cm^2$.

$$F_{aa} = 1{,}5\ \frac{Z}{\sigma_{da}} = 1{,}5\ \frac{46000}{1200} = 58\ cm^2.$$

Drugi indeks uz F_a označuje onu dimenziju pendla u smjeru koje leže šipke.

1. 2. Točniji proračun

$$\beta = \frac{c}{a} = \frac{12}{36} = \frac{2}{6} = 0{,}33, \quad \alpha = \frac{h}{a} = \frac{67}{36} = 1{,}86$$

$$\mu = 1{,}25.$$

Poprečna armatura (u smjeru a)

$$Z_o = [0{,}21\ \alpha + 0{,}5\ (1{,}09 - \beta)^2]\ P =$$
$$[0{,}21 \,.\, 1{,}86 + 0{,}5 \,.\, 0{,}76^2]\ 100000 = 68000\ kg,$$
$$Z = \mu\ Z_o + H = 1{,}25 \,.\, 68000 + 10000 = 95000\ kg,$$
$$F_{aa} = \frac{Z}{\sigma_{da}} = \frac{95000}{1200} = 79\ cm^2 > 58\ cm^2.$$

Predviđeno je:

$12 \times 13\ \varnothing\ 8 :: 79\ cm^2$.

Sigurnost protiv uzdužnih pukotina:

$\eta = 0{,}07\ \alpha + 0{,}74 = 0{,}87, \quad \eta h = 0{,}87 \,.\, 67 = 58\ cm,$
$\triangle h = 4{,}5\ cm$; ne dodajemo posebne šipke.

Za beton M-300 je $E_b = 340000\ kg/cm^2$ i $n = \frac{E_a}{E_b} = 6{,}2$ (Beton-Kalender 52);

$$k_u = R_v \left(\frac{\eta h\ b}{Z} - \frac{n}{\sigma_{da}}\right) = 30 \left(\frac{58 \,.\, 100}{95000} - \frac{6{,}2}{1200}\right)$$
$$k_u = 1{,}7 > 1{,}5$$

Uzdužna armatura (u smjeru h)

$$F_{ah} = \frac{0{,}334\ P \,.\, h}{b\ (1 + \beta)\ \sigma_{da}} = \frac{0{,}334 \,.\, 100000 \,.\, 100}{100 \,.\, 1{,}33 \,.\, 1200} = 21\ cm^2.$$

Predviđeno je:

$18\ \varnothing\ 12 :: 21\ cm^2$.

Sigurnost protiv poprečnih pukotina:

$$k_p = R_v\ \frac{(ah + n\ F_{ah})\ b}{0{,}384\ (1{,}26 - \beta)\ h \,.\, P}$$
$$= 30\ \frac{(36 \,.\, 67 + 6{,}2 \,.\, 21)\ 100}{0{,}384 \,.\, 0{,}93 \,.\, 67 \,.\, 100000} = 3{,}2 > 1{,}5\,.$$

Sidra: $H = 10000\ kg,$

$\tau_{da} \approx 0{,}8\ \sigma_{da} = 0{,}8 \,.\, 1200 = 960\ kg/cm^2;$

$$F_s = \frac{H}{\tau_{da}} = \frac{10000}{960} = 11\ cm^2.$$

Predviđeno je:

$4\ \varnothing\ 20 :: 13\ cm^2$.

2. Ležajni kvaderi

Pretpostavljamo, da je ležajni kvader onaj blok betona, koji ćemo armirati kao kvader (v. skicu 10).

Dimenzije kvadera:

visina kvadera: $h_o = 60\ cm$;
za proračun: $h = 2h_o = 120\ cm$;
širina kvadera: $a = 60\ cm$;
duljina kvadera: $b = 120\ cm$.

Jednoliki pritisak ispod kvadera:

Dopušteni pritisak za M-160 je $\sigma_d = 48\ kg/cm^2$.

$$\sigma_o = \frac{P}{a \,.\, b} = \frac{100000}{60 \,.\, 120} = 14\ kg/cm^2 < 48\ kg/cm^2.$$

2. 1. Smjer duž mosta

$$\beta = \frac{12}{60} = 0{,}2 \approx \frac{1}{6}, \alpha = \frac{h}{a} = \frac{120}{60} = 2{,}0, \ \mu = 1{,}45$$

Poprečna armatura:

$$Z_o = [0{,}21 \,.\, 2{,}00 + 0{,}5 \,.\, 0{,}89^2]\ 100\,000 = 82\,000\ kg,$$
$$H = 10\,000\ kg,$$
$$Z' = \mu\ \frac{Z_o}{2} = 1{,}45 \,.\, 41\,000 = 60\,000\ kg,$$
$$Z = \mu\ Z_o + H = 1{,}45 \,.\, 82\,000 + 10\,000 = 130\,000\ kg.$$
$$F'_{aa} = \frac{Z}{\sigma_{da}} = \frac{60\,000}{1\,200} = 50\ cm^2,$$
$$F''_{aa} = \frac{H}{\sigma_{da}} = \frac{10\,000}{1\,200} = 8\ cm^2;$$

$5 \times 10\ \varnothing\ 12 :: 56\ cm^2$, $\quad 10\ \varnothing\ 12 :: 11\ cm^2$.

Sigurnost protiv uzdužnih pukotina:

$\eta = 0{,}07 \,.\, 2{,}0 + 0{,}74 = 0{,}88,$

$\eta h = 0{,}88 \,.\, 120 = 106\ cm, \qquad \triangle h = 7\ cm.$

Pri vrhu dodan jedan sloj šipaka.

$$k_a = 30 \left(\frac{106 \,.\, 120}{130\,000} - \frac{6{,}2}{1\,200}\right) = 2{,}8 > 1{,}5.$$

Uzdužna armatura:

$$F'_{ah} = \frac{0{,}334 \,.\, 100\,000 \,.\, 120}{120 \,.\, 1{,}20 \,.\, 1\,200} = 23\ cm^2 \text{ (vidi kasnije).}$$

Sigurnost protiv poprečnih pukotina:

$$k_p = 30\ \frac{(60 \,.\, 120 + 6{,}2 \,.\, 23)\ 120}{0{,}384 \,.\, 1{,}06 \,.\, 120 \,.\, 100\,000} = 5{,}4 > 1{,}5.$$

2. 2. Smjer popreko mosta

$$\beta = \frac{100}{120} = \frac{5}{6} = 0{,}83, \quad \alpha = \frac{120}{120} = 1{,}00, \quad \mu = 1{,}40.$$

Poprečna armatura:

$$Z = [0{,}21 \,.\, 1{,}00 + 0{,}5 \,.\, 0{,}26^2]\ 100\,000 = 24\,000\ kg;$$
$$F_{aa} = \frac{1{,}40 \,.\, 24\,000}{2 \,.\, 1\,200} = 14\ cm^2;$$

predviđeno: $5\ \varnothing\ 12 + 12\ \varnothing\ 10 :: 15\ cm^2$.

Sigurnost protiv uzdužnih pukotina uz $H = 0$:

$\eta = 0{,}07 \,.\, 1{,}0 + 0{,}74 = 0{,}81,$

$\eta h = 0{,}81 \,.\, 120 = 97\ cm, \qquad \triangle h = 11\ cm;$

Pri vrhu dodana dva sloja šipaka.

$$k_u = 30 \left(\frac{97 \,.\, 60}{1{,}4 \,.\, 24\,000} - \frac{62}{1\,200}\right) = 3{,}6 > 1{,}5.$$

Uzdužna armatura:

$$F''_{ah} = \frac{0{,}334 \,.\, 100\,000 \,.\, 120}{60 \,.\, 1{,}83 \,.\, 1\,200} = 30\ cm^2.$$

Ukupno treba:

$F_{ah} = F'_{ah} + F''_{ah} = 23 + 30 = 53 \text{ cm}^2.$

Predviđeno je:

$18 \varnothing 10 + 26 \varnothing 14 : : 54 \text{ cm}^2.$

Sigurnost protiv poprečnih pukotina ne treba dokazivati; očito je dovoljno velika.

3. Ležajna greda

Promotrimo po starom načinu armirani dio stupa kao gredni nosač. Možemo pretpostaviti, da je taj dio vrlo krut, a donji dio da je mekan ili obratno. Opravdanost pretpostavke ovisi o odnosu dimenzija gornjeg i donjeg dijela i o temelju. Ispitat ćemo oba slučaja na uobičajeni način.

Vrh stupa . . . reduciran.



$$x = \frac{t\pi}{8} = \frac{150\,\pi}{8} = 60 \text{ cm},$$

Računska duljina stupa (vidi skicu 5):

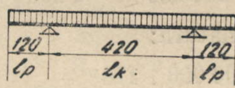
$b = 415 \text{ cm} \approx 400 \text{ cm}.$

Jednoliko raspodijeljen pritisak:

$$p = \frac{P}{b_s} = \frac{100{,}0}{4{,}15} = 24 \text{ t/m}.$$

3. 1. Greda je kruta

Shema nosača dobivena po PTP ($l_r = 1{,}05\, l_o$) — širina ležaja veća od $0{,}1\, l_o$.

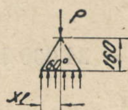


$$M_l = \frac{p\, l_k^2}{2} = \frac{24 \,.\, 1{,}2^2}{2} = -17 \text{ tm}.$$

$$M_p = \frac{p \,.\, l_p^2}{8} - M_l = \frac{24 \,.\, 4{,}2^2}{8} - 17 = +36 \text{ tm}.$$

3. 2. Greda je meka

Shema rasprostiranja po BE.



$$x_l = \frac{y_o}{\text{tg } 60^0} = \frac{160}{1{,}73} = 92 \text{ cm},$$

$$M_l = \frac{P \,.\, x_l}{4} \,.\, 1{,}05 = \frac{100 \,.\, 0{,}92}{4} 1{,}05 = -24 \text{ tm}$$

3. 3. Armatura

Ovaj proračun ležajne grede toliko je nestvaran, da je ispravno dobivene vrijednosti grubo zaokružiti i računati sa visokim dopuštenim naponima.

Dopušteni naponi $\sigma_{ba} = 75/1\,800 \text{ kg/cm}^2$.

Donja armatura:

Za $M_l = -24$ tm, $h_o = 160 - 5 = 155$ cm

$b = 60$ cm, $\sigma_b = 27 \text{ kg/cm}^2$,

$F_{ad} = 9 \text{ cm}^2$ (veće od min $5 \varnothing 12 : : 6 \text{ cm}^2$ (BE).

Predviđeno je:

$6 \varnothing 14 : : 9 \text{ cm}^2.$

Gornja armatura:

Za $M_p = +36$ tm: $h_o = 160 - 15 = 145$ cm,

$b = 60$ cm, $\sigma_b = 36 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2$,

$F_{ag} = 15 \text{ cm}^2$ (veće od min $5 \varnothing 16 : : 10 \text{ cm}^2$ (BE)

Predviđeno je:

$15 \varnothing 12 : : 17 \text{ cm}^2.$

Vilice po BE min $3 \varnothing 12$/m; predviđeno min $3 \,.\, 3 \varnothing 8 : : 4 \text{ cm}^2$.

Jednoliki pritisak pod mekom gredom:

$f = 60\,(2 \,.\, 92 + 100) = 17\,000 \text{ cm}^2,$

$$\sigma_o = \frac{P}{f} = \frac{100\,000}{17\,000} = 6 \text{ kg/cm}^2 < 48.$$

4. Blok stupa

Oznake veličina vidi na skici 5.

Računska širina pola bloka iznosi: $b_s \approx 400$ cm (radi obloge). Visina je vlačne zone bloka, koju jedino namjeravamo armirati: $y_o = 0{,}4\, b_s = 160$ cm.

$s_o = 200$ cm; $s = 250 - 200 = 50$ cm,

$a = 80$ cm,

$$\eta = \frac{y_o}{b_s} = \frac{160}{400} = 0{,}4,$$

$$\eta_p = \frac{y_o}{a} = \frac{160}{80} = 2{,}0.$$

$t_o = 12$ cm, $t_u + 120$ cm (radi obloge),

$s_p = 0{,}5\,(t_u - t_o) = 54$ cm.

$t = t_u - 2\, s_p\,(1 + 2{,}5\, \eta_p)\, e^{\psi} = 120 - 2 \,.\, 54 \,.\, 0{,}038$

$= 116$ cm. $\psi = -\frac{\pi}{2}\, 1{,}6\, M_p$.

Vertikalna armatura:

Uzdužna armatura

Vlačna sila u bloku:

$$Z_b = 1{,}17 \frac{P \,.\, s}{b_s} = 1{,}17 \frac{100\,000 \,.\, 50}{400} = 14\,000 \text{ kg};$$

$$F_{ab} = \frac{Z_b}{\sigma_{da}} = \frac{14\,000}{1\,200} = 12 \text{ cm}^2.$$

konstruktivno je predviđeno:

$15 \varnothing 12 + 9 \varnothing 10 : : 24 \text{ cm}^2.$

Najveće vlačno naprezanje na vrhu:

$$\text{maks } \sigma = 8 \frac{P \,.\, s}{t_o\, b_s^2} = 8 \frac{100\,000 \,.\, 50}{12 \,.\, 400^2} = 21 \text{ kg/cm}^2.$$

Vertikalna armatura

$$\text{maks } \sigma_v = 0{,}29 \frac{s_o}{b_s} \sigma_x = 0{,}29 \frac{200}{400} 21 = 3 \text{ kg/cm}^2.$$

Odavle bi bilo ekstremno:

$$F_{ay} = \frac{\text{maks } \sigma_v \,.\, b_s\, t_o}{2\, \sigma_{da}} = \frac{3 \,.\, 400 \,.\, 12}{2 \,.\, 1\,200} = 6 \text{ cm}^2.$$

Predviđeno je vilica:

$9 \varnothing 8 + 3 \varnothing 10 : : 7 \text{ cm}^2.$

Poprečna armatura

$$z = 0{,}5\,(a - 0{,}5\ t_o) = 0{,}5\,(80 - 6) = 37\ \text{cm},$$

$$F_{aa} = F_{ab}\ \frac{z}{a} = 12\ \frac{37}{80} = 6\ \text{cm}^2.$$

Predviđeno je:

$$12\ \varnothing\ 8 : : 6\ \text{cm}^2.$$

LITERATURA:

Trudi Dor N I I sv. IV.
Bauingenieur 6/1952.
Polivanov: »Železobetonniji mosti«.
Mörsch: »Eisenbetonbrücken«.
Beton-Kalender 1952/II.
PTP — za beton i armirani beton.
Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken (BE 36).
Širola: Priručnik za armirani beton.

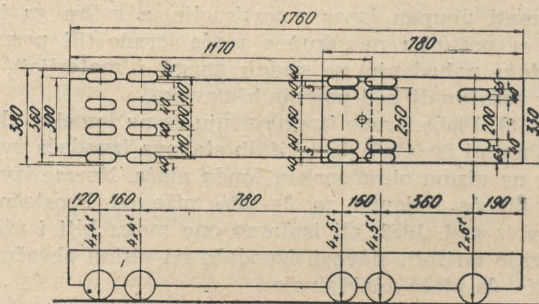
PRILOG ZA REVIZIJU SADANJIH PRIVREMENIH PROPISA ZA OPTEREĆENJE MOSTOVA

Ing. **Božidar Ilić**, Beograd

Neki su privremeni tehnički propisi iz oblasti konstrukterstva zastarjeli, pa bi ih trebalo mijenjati i ne bi ih trebalo više primjenjivati kod projektiranja.

Kao ilustraciju analizirat ću Privremene tehničke propise za opterećenje drumskih mostova (PTP br. 5).

Saobraćajno (pokretno) opterećenje predviđeno točkom 221 PTP br. 5 danas nije savremeno. Djelovanje opterećenja na jednoj saobraćajnoj traci od teških vozila kako ih predviđa točka 221 b) spomenutog propisa mnogo je povoljnije od opterećenja postojećih teških vozila, koja imaju mnogo veće osovinske pritiske: 20 do 25 tona, a brutto te-



žinu 80 do 100 pa i više tona. Takva vozila — shema opterećenja dana je na skici — opasnija su i nepovoljnija opterećenja za mostove od onih vozila, koja su predviđena po PTP.

Kada se ovome doda, da neki konstrukturi vozila ukazuju, da će se u budućnosti pojaviti još veći osovinski pritisci od gore navedenih, nameće se kao neminovno, da za gradnje novih mostova treba povećati opterećenje.

Veliki osovinski pritisci novih vozila nepovoljnije djeluju na poprečne nosače i otežavaju naknadno proširenje uskih mostova na starim stupovima i sa postojećim konstrukcijama. Zato bi kod užih drumskih mostova sa širinom kolnika od 6 do 7 m trebalo već pri projektiranju imati u vidu mogućnost eventualnog naknadnog proširenja kolnika barem za 1,0 do 1,5 m, ne mijenjajući pritom nosive konstrukcije niti stupove dotičnog mosta.

Pitanje izmjene odnosno dopune Privremenih tehničkih propisa za opterećenje mostova postaje danas vrlo aktuelno i traži hitno rješenje.

Nacrtom desetgodišnjeg plana izgradnje putne mreže predviđa se intenzivna izgradnja mostova u našoj zemlji već u godini 1954. Prema tome, svako odlaganje ovog pitanja dovodi nas u sve težu situaciju u pogledu mogućnosti naknadnog proširenja i dopuštenih opterećenja za mostove.

Potrebno bi stoga bilo pitanje dopuštenog opterećenja za mostove i uvođenje nepovoljnijeg teškog vozila od onoga koje predviđaju sadanji propisi iznijeti na širu diskusiju stručnjaka, odrediti komisiju, koja će mu dati zakonsku formu i unijeti ga u propise, koji bi u buduće bili mjerodavni za projektiranje.

Pri rješavanju tog pitanja treba imati u vidu veličinu dinamičkog koeficijenta i dopuštena prenaprezanja materijala za ekstremna vozila.

Ovo je samo jedan primjer od mnogo drugih, koje treba uzeti u razmatranja pri reviziji i izmjeni propisa iz oblasti konstrukterstva.

VIJESTI IZ PRIVREDE

KALKULACIJA U GRAĐEVINARSTVU U 1954 GODINI

Novi privredni sistem unosi korjenite izmjene i u načinu kalkuliranja građevinskih radova.

U prvim godinama poslije rata kalkuliralo se po propisanim normama, određenim radničkim plaćama, jedinstvenim cijenama materijala, propisanim postocima općih troškova (režije, amortizacije, dobiti i t. d.). Savezni ured za cijene i zemaljski uredi za cijene propisivali su cijene za pojedine zanatske radove, tarife za prijevoz kamionima i stočnom zapregom i t. d. Bilo je propisano doslovce sve, a kalkuliranje se sastojalo iz šablonskog primjenjivanja propisanih normi, cijena i koeficijenata, i zato se redovno prepuštalo nižem stručnom osoblju, normircima i slično. Kalkulacije izvođača i investitora bile su identične.

Paralelno s postepenim oslobađanjem privrede od administrativnih okova prelazilo se na sve slobodniji način kalkuliranja, i sada više ne postoje nikakvi obavezni okviri; čak ni sama struktura cijena nije obavezna, ona se samo preporuča. Obavezni su jedino instrumenti po kojima će izvođač građevinskih radova izvršavati svoje obaveze prema društvu, a kalkulant treba sam da pravilno ocijeni sve faktore, koji imaju utjecaja na ekonomično i racionalno izvršenje posla, da upozna tržne cijene materijala i t. d., te zatim izvrši realnu kalkulaciju. Time kalkuliranje prelazi iz ruku nižeg stručnog osoblja u ruke stručnjaka najviših kvalifikacija.

U Uredbi o izmjenama i dopunama Uredbe o građenju izmijenjen je drugi stav člana 16, koji je glasio: »Cijena objekta ne može biti veća od cijene izračunate na temelju usvojenih normi, tarifa i ostalih davanja i podataka iz izvođačkog projekta«, i sada glasi ovako: »Ugovor o građenju zaključuje se u pravilu na temelju javnog nadmetanja«.

U pogledu izrade kalkulacija građevinarstvo se nalazi u zasebnom položaju. U građevinarstvu redovno svaki posao kalkuliraju dvojica — investitor i izvođač. Dok u ostaloj privredi kupac samo iznimno vrši kalkulaciju proizvodnje za proizvode koje kupuje, u građevinarstvu redovno mora i investitor izraditi kalkulaciju, i to u početnoj fazi radi orijentacije i osiguranja financijskih sredstava, zatim prije izdavanja radova na izvedbu radi kontrole cijena, a tokom izvedbe radi plaćanja naknadnih radova. Ove dvije kalkulacije, izvođačeva i investitorova, trebale bi da dovedu do istih, ili vrlo sličnih rezultata, t. j. cijena građenja. Međutim, način na koji se te dvije kalkulacije vrše nije jednak, jer podaci s kojima raspolažu investitor i izvođač nisu jednaki (uostalom ni kalkulacije dvaju izvođača nisu nikad posve jednake), i zato će se redovno među njima pojaviti razlike koje treba — ukoliko se posao ne izdaje javnim nadmetanjem — izravnati pregovorima.

A) Kalkulacija izvođača

Prema članu 35 Uredbe o knjigovodstvu privrednih organizacija (Službeni list br. 53-1954) izvođač sastavlja prethodne i naknadne kalkulacije. Na temelju prethodnih kalkulacija izvođač stavlja ponude. Naknadne kalkulacije sastavljaju se po izvršenju posla (u daljnjem tekstu ne govori se više o naknadnim kalkulacijama).

Kalkuliranje treba vršiti za svaku stavku predračuna. Jedinična cijena mora sadržavati sve troškove vezane za izvođenje odnosne pozicije; ona je dakle kompletna.

Prema članu 39 spomenute uredbe kalkulacija se, u pravilu, sastavlja na ovaj način:

1) materijal za izradu,

2) amortizacija,

3) plaće izrade (obračunske plaće sa odgovarajućim doprinosom za socijalno osiguranje),

4) opći troškovi izrade (troškovi gradilišta),

5) opći troškovi uprave i prodaje;

I. cijena koštanja.

6) i 7) renta i porez na promet se u građevinarstvu ne javljaju,

8) dobit;

II. prodajna cijena.

Ad 1). Materijal se u kalkulaciji zaračunava na temelju predviđenog utroška i stvarnih odnosno tržnih cijena materijala. Utrošak materijala unosi se na temelju iskustva izvođača (knjigovodstvenih podataka iz prošlih godina, bilježaka rukovodioca radova i sl.) i bit će redovno za 3—10% niži od utroška materijala predviđenog u Prosječnim normama u građevinarstvu iz god. 1952. U troškove materijala ulaze i troškovi podvoza do mjesta korištenja (gradilišta), kao i troškovi tuđih dobava i usluga (zanatskih radova i gotovih konstrukcija) sa odgovarajućim općim troškovima.

Ad 2). Amortizacija se izračunava na bazi stvarnog učešća osnovnih sredstava kod podizanja pojedinih građevinskih odnosno investicionih objekata primjenom propisanih stopa. Kod kalkulacije treba najprije za čitav objekat ustanoviti učešće osnovnih sredstva, izračunati ukupan iznos amortizacije, a zatim ga izraziti u postotku na ukupne plaće izrade (ili prema vlastitom nahođenju na radnu snagu i materijal), a zatim zaračunati kod pojedinih stavaka.

Ad. 3). Plaće izrade izračunavaju se na temelju vlastitih normi izvođača te tarifnih stavova izvođača svedenih na visinu obračunskog fonda plaća. Norme izvođača bit će redovno za 0—15% niže od Prosječnih norma iz god. 1952, ali iznimno one mogu biti i više. Svođenje tarifnih stavova izvođača na visinu obračunskog fonda plaća znači dvoje:

— da se kod izračunavanja pojedinih stavaka troškovnika primjenjuju stavovi iz tarifnog pravilnika poduzeća, ali reducirani (iznimno, možda i povećani) u tom srazmjeru za koliko ukupan iznos plaća izrade izračunat na bazi tarifnog pravilnika prekoračuje iznos tih plaća izračunat na bazi prosječnih plaća ili je od njega manji (obračunske plaće iznose 58, 43, 34, 29 Din na sat za visoko kvalificiranog, kvalificiranog, polukvalificiranog, odn. nekvalificiranog radnika);

— da se ima unijeti i dio izdataka po čl. 10 i 10a Uredbe o plaćama radnika i službenika privrednih organizacija (državni praznici, godišnji odmor, bolovanje, dio terenskih dodataka i t. d.).

U cijenu plaća izrada unosi se i odgovarajući dio doprinosa za socijalno osiguranje (45%).

Ad. 4) i 5). Opći troškovi (režija) izračunavaju se uglavnom kao i dosada. Novost je u tome:

— da opći troškovi uprave i prodaje obuhvaćaju i odgovarajući dio kamata na vrijednost osnovnih sredstava i zemljarinu;

— da se plaće ne izračunavaju na temelju tarifnog pravilnika poduzeća, već na temelju odredaba o obračunskom fondu plaća, te uz dodatak doprinosa za socijalno osiguranje.

Ukupan iznos općih troškova se preračunava u postotak na plaće izrade (ili prema vlastitom nahođenju na plaće izrade i utrošeni materijal) i zatim zaračunava kod kalkulacije pojedinih stavaka.

Ad. 8). Određivanje visine dobiti je najodgovorniji dio posla izvođačevog kalkulanta. S jedne strane treba nastojati da se iz dobiti osiguraju iznosi za:

a) rezervni fond poduzeća (2% od stalnih obrtnih sredstava);

b) anuitete za dugoročne kredite;

c) eventualne razlike plaća izračunatih na temelju tarifnih pravilnika i obračunskog fonda plaća, sa svim ostalim sličnim davanjima (terenski dodaci, dnevnice i t. d.);

d) dio za fond za samostalno raspolaganje (investicioni i ostali fondovi);

e) eventualni višak plaća;

f) dio dobiti, koji pripada NO-u i koji se u određenom postotku plaća prema odredbama odnosnog NO-a;

g) porez na dobit po saveznoj stopi (ovaj porez je jednak zbroju iznosa od a—f).

Kod određivanja visine dobiti treba voditi računa i o tome, da li se osigurava isplata plaća obzirom na skalu iz čl. 11 Uredbe o plaćama radnika i službenika privrednih organizacija.

S druge strane konkurencija ostalih građevinskih poduzeća i težnja da kapaciteti ne ostanu neiskorišteni (što bi dovelo do poskupljenja proizvodnje i vodilo poduzeće do gubitaka) silit će izvođača da dobit kalkulira što manju, pa makar se na nekim ili svima objektima radni kolektiv morao i odreći težnje za povećanjem svoga fonda za samostalno raspolaganje ili za nabavku novih strojeva iz zajma ili čak jednog dijela svoje plaće i t. d. Naravno da će onaj izvođač koji provede najbolju organizaciju građenja, najviše smanji gubitke materijala i t. d., moći da nudi najjeftinije cijene.

B) Kalkulacija investitora (projektanta)

Kalkulaciju za investitora najčešće vrši projektant. Izuzetak su naknadni radovi, često i radovi koji se izvode u režiji i sl.

Projektantu u većini slučajeva ne stoje na raspolaganje toliko iscrpni podaci za pojedine elemente kalkulacije, kakvima raspolaže izvođač. Najteže projektant može pravilno ocijeniti opće troškove (režiju), u koje nema pravi uvid, a koji za razna poduzeća nisu jednaki. Pošto, međutim, projektantov predračun većinom služi samo kao podloga za javno nadmetanje (licitaciju), nije od presudne važnosti, da li će projektant opće troškove ocijeniti posve točno, i zato će se u svojim kalkulacijama moći poslužiti približnim, iskustvenim koeficijentima.

Postupak projektanta kod utvrđivanja pojedinih elemenata kalkulacije bio bi približno ovaj:

Ad 1). Utrošak materijala za izradu unosi se na temelju iskustava projektanta. Kao plafon služe projektantu prosječne norme iz god. 1952. Cijene unosi tržne, zajedno s vanjskim transportom (dopremom na gradilište). U materijalne izdatke ulaze i razne dobave (zanatski radovi, nabavljene gotove konstrukcije i sl.), ali odvojeno. Pošto izvođaču nastaju i prilično veliki izdaci u vezi sa zanatskim radovima i sl., uputno bi bilo da se za te radove predvidi oko 2% vrijednosti dobava za opće troškove (materijalne izdatke).

Ad 2). Amortizaciju će projektant u slučajevima, kada se radi o vrlo velikim radovima, sa velikim učešćem mehanizacije, morati iskalkulirati detaljnije u smislu propisa. Pri tom će morati voditi računa o tom, da vrijeme zadržavanja osnovnih sredstava na gradilištu pravilno ocijeni (mehanizacija leži neiskorištena zimi, kod prekida radnog procesa iz raznih razloga i t. d., dok se amortizacija plaća stalno).

U jednostavnim slučajevima projektant će računati amortizaciju približno u procentima na elemenat plaće izrade (zajedno sa posrednim plaćama i socijalnim osiguranjem). Prema nekim podacima taj udio iznosi:

— kod objekata kod kojih je učešće mehanizacije malo (jednostavne stambene zgrade, ceste sa običnim tucaničkim zastorom i sl.) 10—20%

— kod objekata sa velikim učešćem mehanizacije (industrijski objekti, ceste sa modernim kolovozima i sl.) 15—35%

Još veće postotke projektant bi morao obrazložiti detaljnom kalkulacijom.

Ad 3). Plaće izrade izračunava projektant tako, da unosi utrošak radnog vremena prema svome iskustvu i množi ga sa prosječnim plaćama (od 29—58 Din na sat — vidi ranije). Kod onih stavaka za koje nema svojih pouzdanih podataka o utrošku vremena projektant će se poslužiti prosječnim normama iz god. 1952, koje se ujedno mogu smatrati kao plafonske za sve stavke.

Tako dobivenom iznosu neposrednih plaća treba dodati t. zv. posredne plaće, koje iznose oko 16—20% od neposrednih plaća. Manji postotak vrijedi za manja gradilišta (na kome je radna snaga povremena, sa manjim radnim stažom, bez prava na godišnji odmor i t. d.), veći postotak za veća gradilišta. Velik upliv na ovaj postotak ima nadalje okolnost, da li se plaćaju terenski dodaci ili ne i sl.

Na zbroj neposrednih i posrednih plaća dodaje se 45% za socijalno osiguranje. Ukupan iznos predstavlja plaće izrade.

Ad 4) i 5). Kod vrlo velikih gradilišta projektant će morati detaljno razraditi opće troškove, i to zasebno za gradilište i zasebno za upravu i prodaju. Pri tome će veliku ulogu igrati i to, koliki se dio pripremnih radova zaračunava kao zasebni građevinski objekat, a koliki dio ulazi u opće troškove (režiju) izvođača.

Često će međutim projektant moći da upotrebi za izračunavanje općih troškova približne koeficijente. Lanjske godine su se u Hrvatskoj troškovi režije za pojedine objekte kretali između 35—95% na plaće izrade (zbroj neposrednih i posrednih plaća bez socijalnog osiguranja). Ove godine odnosi su unekoliko drukčiji. S jedne strane u opće troškove ulaze i kamate na osnovna sredstva i zemljarina, ali s druge strane osnova za izračunavanje postotka (t. j. »plaće izrade«) sadrži i socijalno osiguranje.

Može se pretpostaviti, da će u god. 1954 postoci općih troškova režije iznositi približno:

— za visokogradnje od 25—60% na plaće izrade

— za niskogradnje od 35—70% na plaće izrade.

Visina postotka ovisi o prirodi gradilišta. Ovi opći troškovi dijele se na plaće i materijalne izdatke. Plaće iznose:

— na visokogradnjama od 10—30% od plaće izrade,
— na niskogradnjama od 15—35% od plaće izrade.
Ostatak su materijalni izdaci.

Ad 8). U elementu »dobit« projektant treba da osigura:

a) uplatu rezervnog fonda (2% od stvarnih obrtnih sredstava) zajedno sa saveznim porezom na dobit;

b) isplatu razlike između plaća utvrđenih na temelju tarifnog pravilnika izvođača i obračunskog fonda plaća (na temelju propisanih obračunskih satnica i plaća, kao i eventualnu isplatu dnevnica i terenskih dodataka u iznosu do 3% od obračunskog fonda plaća za objekte, za koje se pretpostavlja, da se grade izvan sjedišta građevnog poduzeća), zajedno sa socijalnim osiguranjem, dijelom dobiti koji pripada NO-u i saveznim porezom na dobit;

Ad a) Kod praktičnog računanja može se ovaj iznos pretpostaviti približno 1,5% od plaća izrade (zajedno sa socijalnim osiguranjem).

Ad b) Razlika između plaća utvrđenih primjenom platnih stavova iz tarifnih pravilnika izvođača i primjenom propisanih obračunskih zarada (12 000, 8 800, 7 000 i 6 000 Din mjesečno, odnosno 58, 43, 34, 29 Din na sat), kreće se kod raznih poduzeća u prilično širokom rasponu. Još veće su razlike kod plaćanja terenskih dodataka. Kao primjereno moglo bi se usvojiti da u prosjeku treba osigurati oko 7—10% od ukupnog obračunskog fonda plaća (iz plaća izrade i iz općih troškova). Da bi se osigurala isplata te razlike, treba predvidjeti dio dobiti koji pripada NO-u i savezni porez na dobit. Propisi NO-a nisu ni približno izjednačeni, da bi se mogli postaviti jedinstveni koeficijenti za približno izračunavanje. Međutim, normalno će biti slučaj da je NO predvidio razdiobu dobiti između poduzeća i NO-a sa 50 : 50. Osim toga pojedini NO-i su donijeli i svoje propise u pogledu skale iz člana 11 Uredbe o plaćama o njenoj redukciji (ali to su razmjerno vrlo rijetki slučajevi).

Do nekih praktičnih jedinstvenih koeficijenata kalkulant može doći samo na temelju grubih pretpostavki. Da bi se osigurala isplata dobiti u iznosu 7 do 10% od obračunskog fonda plaća, treba ispitati slijedeće:

a) dobit mora iznositi najmanje:

$$2 \times \frac{7 \text{ do } 10\% \text{ od obračun. fonda sa soc. osiguranjem}}{\text{faktor učešća poduzeća u dobiti}};$$

uz pretpostavljeno učešće poduzeća od 50% (faktor = 0,5) ovo iznosi 28 do 40% od obračunskog fonda plaća sa doprinosom za socijalno osiguranje;

b) da li se razlika u plaćama može isplatiti iz dobiti obzirom na skalu iz člana 11 Uredbe; pošto postotak iz prve kolone skale iznosi (uz gornje pretpostavke i uz pretpostavku da izdaci po članu 10-a iznose 10%, a faktor doprinosa za socijalno osiguranje 0,45) 22 do 32%, izvođač može upotrebiti za plaće iznos 60 do 54% od pola dobiti — dakle je iznos predviđeni pod a) dovoljan za isplatu razlike.

Moći će se dakle u praksi često računati sa dobiti u granicama između 28 i 40% od obračunskog fonda plaća sa doprinosom za socijalno osiguranje. Pod pretpostavkom da obračunski platni fond iznosi 20% od bruto produkta, odn., uključivši i doprinos za socijalno osiguranje, 29% od bruto produkta, dobit će se kretati između 9 do 12% od bruto produkta.

C) Primjer za kalkulaciju projektanta

U praksi će kod manjih objekata projektant kod kalkulacije najprije pažljivo ocijeniti i ispitati sve okolnosti koje mogu utjecati na cijenu konkretnog objekta, i zatim odabrati koeficijente prema principima koji su gore izneseni.

U nižem primjeru je pretpostavljeno da se radi o manjem gradilištu, ali sa velikim učešćem terenskog dodatka (u raznim konkretnim slučajevima bit će naravno koeficijenti razni).

Da bi došao do jedinstvenog kalkulativnog faktora kojim će množiti neposredne plaće (izračunate na temelju vlastitih ili »prosječnih« normi i »obračunskih« stavova plaće) kod izračunavanja pojedinih jediničnih cijena, on bi, slično kao što je to radio lani, pretpostavio plaće izrade sa 100 dinara i sastavio ovu tablicu (poredbe radi unijete su i lanjske cifre):

	God. 1953	God. 1954
a) neposredne plaće	100	100
b) posredne plaće	18	19
c) socijalno osiguranje 45% na (a+b), lani 0	—	54
d) amortizacija 22% (a+b+c), lani 33% na (a+b)	39	38
e) ukupna režija 50% na (a+b+c),		
e, 1) od toga plaće 23%, lani 31%	35	40
e, 2) od toga materijalni troškovi 27%, lani 37%	44	48
f) akumulacija i fondovi 0, lani 100% od (a+b+e 1)	153	—
g) dobit s naslova rezervni fond 1,5% na (a+b+c), lani 0	—	3
h) dobit s naslova razlike u plaćama 40% na (a+b+c+e, 1), lani 0	—	85
svega	389	387

Kalkulativni faktor ostaje, dakle, u ovom slučaju približno isti kao lani. Međutim, kalkulativne cijene u god. 1954 će ipak biti, i čisto sa naslova uvođenja novih instrumenata, u prosjeku za oko 5% skuplje nego lani, i to zato jer se ove godine neposredne plaće izračunavaju na temelju obračunskih satnica, koje su u prosjeku za oko 5% više nego lanjske kalkulativne satnice zajedno s koeficijentom od 1 do 1,20 iz Prosječnih normi (koji se koeficijenti ove godine više ne primjenjuju).

Ukupna cijena za pojedine stavke predračuna dobiva se tako, da se zbroji trošak materijala s neposrednim plaćama pomnoženim s kalkulativnim faktorom. U god. 1954 će cijene građevinskih radova biti nešto više nego lani, uglavnom zbog toga jer je poskupio neki građevinski materijal.

D) Općenite primjedbe

U dosadašnjem izlaganju pokušali smo prikazati, kako projektant može doći do približno realnog predračuna troškova građevinskih radova. Njegove cijene ne moraju biti previše tačne, jer služe samo kao podloga za licitaciju, pa će se prema tome do sklapanja ugovora još mijenjati.

Drugačija je situacija kalkulanta izvođača. Od ispravnosti njegove kalkulacije ovisi s jedne strane uspjeh poduzeća kod licitacije, ali s druge strane i ostvarenje platnog fonda radnog kolektiva.

Kalkulacija cijena građevinskih radova naročito je otežana tamo, gdje se gradilište prostire na više kotareva. U ovom slučaju, ako propisano učešće NO-a

nije svuda jednako, ako su rješenja NO-a u pogledu odobravanja prekovremenog rada i terenskog doplatka različita, kalkulant mora izračunati zasebnu cijenu za svaki kotar ili mora uz ponderaciju raznih faktora izračunati prosječnu cijenu za cijelo gradilište.

Od naročito velikog utjecaja na cijene građevinskih usluga je učešće narodnog odbora u dobitku građevnog poduzeća nakon odbitka saveznog poreza na dobit. Formula za izračunavanje dobiti, koju smo dali u našem izlaganju, dokazuje da je dobit obratno srazmjerna faktoru učešća poduzeća u dobiti. Prikazali smo, da u slučaju kad faktor iznosi 0,5, dobit mora iznositi najmanje četverostruki iznos potrebnih dopunskih plaća plus socijalno osiguranje. Ako se postotak učešća poduzeća smanjuje na 0,1, t. j. ako narodni odbor traži učešće od 90%, dobit mora iznositi dvadeseterostruki iznos potrebne svote za dopunske plaće i socijalno osiguranje. U ovom slučaju dobit mora biti petputa veća nego li pod pretpostavkom da je učešće NO-a 50%.

Posljedice neopravdano visokog učešća narodnog odbora možemo još jasnije prikazati, ako računamo omjer dobiti prema bruto produktu. U toku izlaganja pokazali smo da se dobit treba kretati između 9—12% bruto produkta, pod pretpostavkom, da su dopunske plaće plus socijalno osiguranje cca 2,5—3% bruto produkta, ovo sve pod pretpostavkom učešća NO-a od 50%. Ako NO ne traži više 50%, nego 90% učešća, građevno poduzeće treba dobit povisiti na 45—60% bruto produkta, što znači cijenu svojih usluga povisiti za 36—48%. Očit je u ovom primjeru nesrazmjer između potrebne svote za dopunske plaće plus socijalno osiguranje i potrebnog povišenja cijena. Da bi osiguralo 2,5—3% bruto produkta za platni fond, poduzeće mora povisiti cijene svojih usluga za 36—48%.

Bilo bi potrebno da narodni odbori, zbog štetnog upliva previsokih stopa učešća kod građevinske operative, građevnim poduzećima ne propišu stopu koja bi dovela do poskupljenja cijena građevinskih usluga.

Iz naše formule možemo razabrati da je potrebna dobit u izravnom srazmjeru s potrebnom svotom za dopunske plaće plus socijalno osiguranje. To nam dokazuje da omjer dopunskih plaća prema obračunskom platnom fondu ne smije biti previsok, jer se inače ne će moći ostvariti dobit koja bi omogućila isplatu ovih dopunskih plaća. Skala iz čl. 11 Uredbe ograničuje iznos koji se može isplatiti u ime dopunskih plaća, a radi toga građevna poduzeća moraju paziti da omjer ostane u realnim granicama.

Građevna poduzeća stavljaju primjedbu da dosadašnji privredni instrumenti destimuliraju produktivnost rada. Ova tvrdnja ima stanovito opravdanje, ma da prosječno prekoračenje normi u okviru čitavog poduzeća ne bi smjelo iznositi više od 8%, jer u protivnom slučaju treba smatrati da primjenjene norme nisu realne i da ih treba revidirati. Argumenat o destimuliranju produktivnosti rada može nam služiti kao obrazloženje za zahtjev da se predmetni propisi mijenjaju, ali taj orgumenat ne možemo uzeti u obzir kod kalkulacije.

Rukovodioci građevnih poduzeća trebaju znati da nikako ne smiju dopustiti prekovremeni rad ili isplatu terenskog doplatka, ako nisu osigurali potrebnu dozvolu od nadležnog narodnog odbora. Potrebne svote za ove isplate ne će se moći osigurati poskupljenjem građevinskih radova, ma koliko to poskupljenje iznosilo.

Slična je stvar, ako poduzeće ne vodi brigu o tačnom evidentiranju efektivnih radnih sati. Ako radnici na gradilištu rade više od dopuštenog radnog vremena i ako se ova razlika ne evidentira, građevno poduzeće ne će biti u stanju da osigura potrebni iznos za isplatu platnog fonda.

Isti je slučaj, ako poduzeće ne iskorištava sve pogodnosti Uredbe o izmjenama i dopunama Uredbe o plaćama radnika i službenika privrednih organizacija (Službeni list FNRJ br. 18/54). Naročito upozoravamo na tač. 9 čl. 5 ove uredbe, u kojoj je propisano, kada može poduzeće tražiti posebne dodatke za teže uvjete rada.

Investitora i izvođača naročito interesira poskupljenje cijena građevinskih radova uslijed povišenja cijena građevinskih materijala i zanatskih usluga. Kod kalkulacije razlike treba naročito uzeti u obzir prelazne zalihe i postotak dobiti građevnog poduzeća iz prošlih godina. Jasno je, da bi građevno poduzeće postotak poskupljenja cijena materijalu smjelo primjenjivati samo na one količine materijala, koje zaista kupuje po skupljim cijenama. Kako možemo pretpostavljati da zalihe građevnog poduzeća predstavljaju tromjesečne potrebe materijala, faktor poskupljenja cijena trebali bi u kalkulaciji smanjiti na 75%.

Iz završnih računa građevnih poduzeća u posljednjim godinama mogli smo ustanoviti da ta poduzeća na temelju pogođenih cijena redovno ostvaruju dosta visoki dobitak. Poduzeća kalkuliraju oprezno, jer cijene građevnih materijala fluktuiraju, pošto se privredni propisi dosta često mijenjaju. Dobitak građevnim poduzećima ne ostaje, jer ga uzimaju redovno narodne republike i narodni odbori. Taj dobitak prema tome povisuje cijene građevinarstva, a da građevna operativa od toga nema koristi. Povišene cijene građevinarstva znače skuplje investicije, povišene kamate na osnovna sredstva i povišenu amortizaciju kod proizvođača i, u posljednjoj liniji, povišenje nivoa cijena. Mislimo, da bi građevna poduzeća to trebala uzeti u obzir. Kako novi ugovori osiguravaju građevna poduzeća za slučaj novih povišenja cijena građevnih materijala i usluga i u slučaju promjene privrednih propisa, kalkulativne rezerve u cijenama građevinskih radova nisu više potrebne.

Zapažena je činjenica, da nasuprot očekivanju investitori još uvijek ne posvećuju dovoljno pažnje štednji kod investicija. Ta je pojava posljedica previsokih postotaka učešća NO-a. Mislimo, da obje strane snose jedan dio krivice. Narodni odbor previsokim učešćem onemogućuje proizvođačima svako ulaganje u proizvodnju, svaku najsitniju investiciju, modernizaciju i rekonstrukciju pogona. Kako je prihod narodnog odbora ovisan o uspjehu proizvođača, previsoko učešće narodnog odbora imat će loše posljedice za prihod samog narodnog odbora. Investitor s druge strane ne računa s time, da će se možda privredni propisi mijenjati, da narodni odbor može sniziti postotak učešća, ali da će anuitet ostati kao i obaveze u ime amortizacije i kamata na osnovna sredstva.

Iz svojih kalkulacija građevna poduzeća mogu jasno vidjeti utjecaj amortizacije i kamata na osnovna sredstva s jedne strane na cijene građevinskih usluga i s druge strane na ostvarenje platnog fonda. Uvidjevši tu činjenicu, poduzeća već sada traže uposlenje za svoju mehanizaciju, a nastoje da se riješe onih strojeva koji im nisu neophodno potrebni.

Općenito uzevši možemo reći, da novi privredni propisi prisiljavaju građevna poduzeća na strože kalkuliranje i na ekonomičnije gospodarenje, jer će samo na taj način moći osigurati i osiguravati radnom kolektivu redovno primanje tarifnih plaća.

H. P. S.

SAVJETOVANJE GRAĐEVINSKIH INSPEKTORA NRH

U Zagrebu je od 27 do 29 maja 1954 pod rukovodstvom glavnog republičkog građevinskog inspektora ing. Fr. Simića održano savjetovanje građevinskih inspektora iz NR Hrvatske. U savjetovanju su sudjelovali republički građevinski inspektori, te 28 lokalnih građevinskih inspektora (koji vrše inspekciju na području 5 gradova, 45 kotareva i 5 gradskih općina). Savjetovanje je otvorio državni podsekretar za poslove narodne privrede NRH ing. E. Dajč, a savjetovanju su prisustvovali načelnik Odjela za tehničke propise i inspekcije u Državnom sekretarijatu za poslove narodne privrede NRH S. Cvjetičanin i predstavnici Zemaljskog odbora sindikata građevinara za Hrvatsku, Državnog sekretarijata za unutrašnje poslove NRH, Odjela za unutrašnje poslove NOG Zagreba, PAZ-a, Elektroenergetske inspekcije NRH, Republičke sanitarne inspekcije, Vojno-građevinske inspekcije i Laboratorija građevinarstva iz Zagreba.

Republički građevinski inspektori podnijeli su ove referate:

a) Uredba o građevinskoj inspekciji,
b) Građevinski prekršaji,
c) Nova uredba o zanatskim radnjama,
d) Naredba o reviziji projekata investicionih radova,
e) Propisi, koji su na snazi,
f) Izvođenje građevina na selu,
g) Potsjetnik za obilazak gradilišta,
h) Ispitivanje građevinskog materijala,
i) Postupak za izdavanje građevinske dozvole,
j) Postupak za tehničke preglede.

Predstavnici unutrašnjih poslova i elektroenergetske inspekcije dali su referate o zaštiti od požara i eksplozije i podizanju magazina za lako zapaljive tečnosti i eksplozive, o izvedbi električnih instalacija i nedostacima koji se tu najčešće pojavljuju, te o mjerama koje treba da poduzmu građevinski inspektori, da bi se zaštitila narodna imovina. Predstavnici sanitarne i vojno-građevinske inspekcije iznijeli su najglavnije probleme iz nadležnosti tih inspekcija i dali korisne sugestije za suradnju sa građevinskim inspekcijama za što uspješniji rad na terenu.

Predstavnici Laboratorija građevinarstva upozorili su na važnost stalne kontrole kvaliteta građevinskog materijala i na štete koje nastaju ako se tome ne posveti dovoljno pažnje.

Iz referata lokalnih građevinskih inspektora vidi se da je njihov rad bio od vrlo velike koristi, što dokazuju brojni izneseni primjeri. Posljednjih godina kvalitet radova u prosjeku se znatno popravio, naročito na većim investicionim objektima, disciplina kod izdavanja građevinskih dozvola za objekte državnih organa, ustanova i poduzeća je znatno porasla, a sve to velikim dijelom zaslugom građevinskih inspektora. Međutim, još uvijek ima okolnosti koje taj rad otežavaju.

Tako se iz referata vidi ovo:

Služba građevinske inspekcije na terenu pretežno nije bila pravilno organizirana ni razgraničena od ostale upravne službe u građevinarstvu. Zato su se često inspektori bavili manje zadacima inspekcije, a više poslovima koji ne ulaze u njihov djelokrug, na pr. komunalnom izgradnjom, koju oni treba da kontroliraju. Uslijed toga na terenu građevinski prekršaji često ostaju nekažnjeni i postaju češći i teži. Još gore je stanje u onim kotarevima gdje uopće nije organizirana građevinska inspekcija.*

Naročito je nesređeno stanje u pogledu projektiranja malih objekata. Takve projekte često izrađuju lica izvan ovlaštenih projektnih organizacija i tada je kvalitet projekata slab. Revizije projekata ne vrše se uvijek. Neke komisije za reviziju projekata revidiraju projekte za čiju je reviziju nadležna republička komisija. Građevinske dozvole se često izdaju na temelju nestručno izrađenih i nerevidiranih nacrta i t. d.

Kod izvođenja građevinskih radova često se zaposluju i na većim radovima privatne zanatske radnje pod izgovorom da u socijalističkom sektoru nema dovoljno kapaciteta, odnosno da građevna poduzeća ne će da uzimaju sitne poslove i sl. Pri tome se ne poštuju jasni zakonski propisi o ograničenju broja radnika kod privatnih zanatlija, čime se kod njih razvijaju kapitalističke tendencije i spekulacije. U nekim slučajevima se radovi koje investitori izvode u vlastitoj režiji izdaju putem akorda privatnicima, legalnim i ilegalnim obrtnicima, i tako na još gori način izigravaju propisi i oštećuje narodna privreda. Podizanju podmlatka u građevinarstvu ne posvećuje se dovoljna pažnja.

Na mnogim gradilištima nije postavljen odgovorni stručni rukovodilac ni nadzorni organ investitora, ne vode se uredno građevinski dnevnik ni građevinska knjiga, ne postoji propisana tehnička dokumentacija. Kontrola kvaliteta materijala ne provodi se u dovoljnoj mjeri. Čini se da se ne shvaća važnost ispitivanja materijala. Posljedica svega toga jest da se radovi na takvim gradilištima izvode nekvalitetno. Privatni investitori često izvode radove bez građevinske dozvole. Bez nje se izvode najčešće baš oni radovi za koje se građevinska dozvola uopće ne može izdati (jer je gradnja protivna regulacionom planu, propisima o veličini gradilišta, susjedskim odnosima i sl.), i prekršitelji rado plate srazmjerno niske novčane kazne, dok rušenje bespravno podignutih objekata nije propisima predviđeno.

Neriješeno je pitanje urbanističkih planova.

Trećega dana savjetovanja svi učesnici savjetovanja posjetili su Laboratorij građevinarstva, gdje su se upoznali sa organizacijom i radom Laboratorija i gdje su im prikazana glavna ispitivanja materijala.

Na kraju su donijeti zaključci. Na terenu bi prema mišljenju učesnika savjetovanja trebalo provesti slijedeće:

Službu građevinske inspekcije odvojiti od ostale upravne službe u oblasti graeđvinarstva. Građevinski inspektori treba da vrše samo poslove koji u smislu Uredbe o građevinskoj inspekciji i ostalih propisa ulaze u njihov djelokrug.

Nastojati da se djelovanje građevinske inspekcije protegne i na one kotare gdje se zbog nedostatka stručnjaka i sl. sada inspekcijska služba uopće ne vrši

* Negativna je pojava da i oni NO-i, koji imaju mogućnost da se koriste uslugama inspektora iz susjednih kotareva, ne koriste tu mogućnast (Dvor na Uni, Glina, Kostajnica, Brač).

(na temelju sporazuma zainteresiranih NO-a može se odrediti da jedna inspekcija sa odgovarajućim brojem inspektora vrši inspekciju na području više kotareva).

Utjecati da se kod revizije projekata i izdavanja građevinskih dozvola uzimaju u postupak samo projekti izrađeni od projektnih poduzeća i biroa. Reviziju projekata treba provoditi najsavjesnije, a građevinske dozvole izdavati samo na temelju revidiranih i odobrenih projekata. Neophodno je što više proširiti mrežu projektnih biroa osnivanjem biroa za projektiranje (samostalnih i pogona kod građevnih poduzeća). Kontrolirati, da li se projekti iz nadležnosti republičke komisije za reviziju projekata dostavljaju toj komisiji.

Najenergičnije, obustavom gradnje i prijavama sudovima za prekršaje, sprečavati neovlašteni rad privatnih graeđvinskih zanatskih radnja, nepropisno organiziranih režijskih grupa i režijskih odbora. Nastojati da NO-i osnivaju svuda gdje to potreba iziskuje manja građevna poduzeća i zanatske radnje.

Vršiti strogu kontrolu, da li se radovi izvode pod neposrednim rukovodstvom ovlaštenog stručnog lica i suglasno s odobrenim projektom ,tehničkim uputstvima i standardima. Posvetiti najveću pažnju kvalitetu materijala. Paziti da se redovno vrše ispitivanja materijala, a naročito u slučajevima sumnje u kvalitet, i to ne samo za nosive konstrukcije već i za ostale radove (vanjske žbuke i sl.).

Dužnost je građevinskih inspektora, naročito onih koji djeluju na području privredno nerazvijenih kotareva, da osim propisa građevinske struke dobro poznaju svu problematiku privrednog sistema. Oni treba da budu inicijatori brige za podizanje radničkog podmlatka u građevinarstvu na području svoga NO-a.

Građevinski inspektori ne smiju čekati za svaki pojedini slučaj direktive »odozgo«, t. j. od republičkih organa, već moraju nastojati da uđu u smisao postojećih propisa i njihovom shodnom primjenom sačuvaju zakonitost.

Treba pokrenuti pitanje nadležnosti revizije urbanističkih planova.

Treba donijeti propise o razgraničenju nadležnosti republičkih i lokalnih građevinskih inspekcija u pogledu vršenja tehničkih pregleda .

Preporučiti NO-ima da osiguranjem prevoznih sredstava i t. d. omoguće građevinskim inspektorima što češći obilazak gradilišta tokom građenja (što je ustvari glavni zadatak građevinske inspekcije).

Građevinski inspektori treba da obrate pažnju i na nepravilnosti kod provedbi javnih nadmetanja i da o uočenim propustima obavijeste nadležne organe.

Oni treba da paze da li su na gradilištima i na gotovim objektima poduzete sve mjere za zaštitu od požara i eksplozije koje su predviđene postojećim propisima i da pojačaju suradnju sa organima za vatrogasnu preventivu. Oni treba da pojačaju i suradnju sa organima sanitarne inspekcije, inspekcije rada, elektroenergetske i ostalih inspekcija.

IZ INOSTRANIH ČASOPISA

BRODOVI OD ARMIRANOG BETONA U DRUGOM SVJETSKOM RATU

U toku Drugog svjetskog rata Komanda Američke mornarice upotrebila je 104 betonska broda. Ovdje će biti opisana gradnja jednog takovog betonskog broda, koji je izvela firma Mc Closkey & Co iz Tarsipa (Florida). Podaci su uzeti iz jednog članka Rob. E. Mc. Langhlin-a, šefa-inženjera kod firme Mc Closkey & Co.

Betonski brodovi imali su da ispune osjetljivu prazninu u programu izgradnje brodova U. S. A. za vrijeme Drugog svjetskog rata. Vrijeme građenja betonskih brodova bilo je skraćeno prema onome koje je bilo predviđeno u programu. Betonski brodovi služili su kao teretnjaci za transport ratnog materijala za Englesku i u ostale dijelove svijeta. Betonski brodovi u Prvom svjetskom ratu bili su dogotovljeni tek po završetku rata, te do njihove primjene nije došlo.

Glavne mjere jednog betonskog broda, koji ćemo opisati, jesu:

ukupna duljina 112,00 m,
najveća širina 16,50 m,
visina od dna do palube 11,00 m,
dubina gaza je 8,00 m kod potpunog opterećenja od 10 000 brt., od čega 4400 tona otpada na teret, koji se prenosi.

Brod je tjeran jednim motorom od 1300 HP i kreće se sa brzinom od nešto više od 10 uzlova na sat, t. j. 18,5 km na sat. Opskrbljen je istovarnim kranovima i drugim strojevima za utovar i istovar. Nadalje, imade mogućnosti za smještaj posade od 39 članova i ima lako obrambeno oružje.

Brod imade sandučasti poprečni presjek. Čitav brodski prostor razdijeljen je u nekoliko odsječaka, tako da ima sedam skladišnih prostora, jedan prostor za pogonsko gorivo i ulje, jedan prostor za strojeve i jedan u kljunu lađe za spavaonice.

Pod se sastoji od jednostavne armirane betonske konstrukcije.

Brod je računat kao kljunasta lađa, kod čega su bile uzete u obzir sve sile, koje se pojavljuju, kao hidraulički tlak, hidromehaničke sile, vlastita težina, koristan teret i t. d.

Statički proračun bazirao se na propisima i normama Američkog ureda za brodarstvo i U. S. Maritime Commission. Vanjska je ljuska računata kao kruti okvir, ukrućen sa deset poprečnih zidova, kao i jednim sistemom vodoravnih i okomitih vidljivih okvira. Kod početka računanja nisu postojale nikakove norme za betonske brodove, nego samo za čelične brodove, tako da je čitavo računanje moralo izvesti firma Mc Closkey & Co. Američki ured za brodarstvo provjeravao je te račune i za vrijeme građenja vršio izvanrednu kontrolu.

Kako kod betonskog broda vlastita težina ima bitan utjecaj, to je kod odmjeravanja betonskih dijelova uzimana što je moguće manja debljina konstrukcije. Kod betonske ljuske morala se mala vlastita težina dovesti u sklad s potrebnom zaštitom protiv utjecaja slane vode. Debljina ljuske iznosila je na palubi 14 cm, a na stranicama i podu 16,5 cm. Prekrivanje željeza iznosilo je na ploči 1,9 cm, a na stranicama i podu 2,2 cm. Za armiranje broda bilo je upotrebljeno posebno željezo, da bi se smanjila opasnost klizanja željeza u

betonu. To željezo imalo je prstenaste svitke. Školjka je bila unakrst armirana željezom Ø 22 i Ø 25 mm. Udaljenost pojedinih željeza mijenjala se prema veličini hidrostatičkog pritiska i djelovanju unutarnjih sila u betonu.

Na palubi su bili otvori 2,70×3,60 m za ulaz i izlaz tovara. Ti otvori dopuštali su smještanje robe u skladišta, koja su imala veličinu od 9,10 m duljine i 15,20 m širine.

U pogonu poduzeća Mc Closkey & Co uzimalo se u posao odjednom po 9 brodova u tri doka. Za tri broda stajao je na raspolaganju dok duljine 366 m, širine 25 m i dubine 8 m. Vanjska oplata broda bila je čvrsto spojena sa basenom, a bila je otrgnuta nadiranjem vode u dok prilikom spuštanja broda u more. Ona je bila izvedena od ukočenog drveta, dok je unutarnja oplata bila izvedena od velikih limenih ploča. Ploče od ukočenog drveta bile su pribijane na kostur od oštrobridnog drveta, tako da se nakon završetka jednog broda ta ista oplata mogla ponovno upotrebiti. Promjenljivi utjecaj sunčanih zraka i kiše na vanjsku oplatu za vrijeme građenja prouzročio je pojave gnjiloće na oplati, a time i nedostatke na vanjskom licu betonske ljuske. S tog razloga bila je unutarnja oplata izvedena od čeličnih limanih ploča debljine 3,57 mm. Debljina ploče od ukočenog drveta iznosila je okruglo 2 cm. Već u samom početku bilo je predviđeno da se izvede beton, koji je po mogućnosti nepropustan za vodu. Višak vode u betonu imao se prilikom ugradbe odvesti »vakuum procesom«. Nakon izvedbe prvih brodova ustanovljeno je, da vakuumom postignuta nepropusnost betona ne ostavlja glatke površine. Zato je kod daljnje izgradnje napuštena vakuum izvedba, a nepropusnost je postignuta vibriranjem i dodavanjem sredstva za nepropusnost.

Svaki brod izvodio se u tri etape, i to prvo pod i stranice do visine 1,83 m (6 stopa), zatim daljnih 7,92 m (26 stopa) stranica do palube te konačno cijela ploča palube. Poslije su se izvodile nadogradnje iznad palube.

Prema programu betoniranja postavljena je bila vanjska oplata blokova, položena armatura i tek onda izvedena limena oplata. Nutarnja oplata, koja se sastojala od čeličnih ploča, mogla se u svojoj gornjoj polovici preklapati, tako da se beton mogao unositi kroz ove otvore, koji su se kasnije zatvarali ili kroz horizontalne gornje površine rebara za ukrućenje. To je omogućavalo vrlo dobru obradbu betona. Armatura je bila savijana na posebnim podovima,tako da je bila predviđena samo neznatna debljina betona sa minimalnim prekrivanjem željeza. Željezo se savijalo i polagalo apsolutno točno. U tu svrhu bili su za sve dijelove broda izvedeni modeli u naravnoj veličini. Tanke stijene broda onemogućivale su spajanje željeza s pomoću kuka, tako da se željezo na mjestu ugradbe zavarivalo. Taj je način izvedbe ujedno doprinio smanjenju težine armature. Na mjesto ugradbe dopremana su željeza duljine 18 m, zavarivanja na cijelu duljinu broda, uvlačena kroz otvor na čelu broda i zatim položena na svoje određeno mjesto. Kontrolni organi U. S. Maritime Commission brinuli su se, da to produljenje željeza bude izvedeno apsolutno točno. Nutarnja metalna oplata bila je upotrebljena na 24 broda od ukupno 26 brodova, koji su bili izrađeni u ovom poduzeću. Kako je već sama oplata po sebi bila skupa, postigla se višekratnom upotrebom limene oplate velika ušteda. Zbog uštednje na vlastitoj težini bio je za izvedbu betona upotrebljen novi lagani agregat zvan »nodulite«. Taj se agregat sastoji od Fuller zemlje (vulkanska glina), koja je kao fino usitnjena prašina u okretnom bubnju s pomoću vode u kapljicama različite veličine postupno pretvarana u zrnati oblik. Suha se prašina vezuje na kapljicama vode, koje su slične kapima kiše, jer se te kapi kotrljaju naprašenim stijenama bubnja. Tako se stvaraju male kuglice prilične čvrstoće i te se onda kalciniraju u rotacionim pećima. Tako dobiven materijal ima relativno malo usisavanje vode i vrlo je lagan. S njime se može izvesti beton specifične težine 1,9, koji nakon 28 dana postizava čvrstoću kocke od 420 kg/cm².

Beton za izvedbu broda bio je doziran sa 350 kg cementa na m³ gotovog betona. Sastav čvrstog agregata bio je: 15% volumena prirodan pjesak, 35% volumena fini »nodulite«, 50% volumena grubi »nodulite«.

Vodocementni faktor iznosio je 0,45—0,50.

Za poboljšanje ugradivosti, povišenja prionjivosti na betonsko željezo i sljubnice betona, nadalje za veću nepropusnost betona bio je beton nakon detaljnih ispitivanja dodavan »plastiment«.

Beton je na radilište dolazio pokretnim miješalicama, te je s pomoću kranova, vagoneta i izvlačnih žljebova prenošen na mjesto ugradbe. Na udaljenost od 1,83 m (6 stopa) bili su na oplati postavljeni vibratori, a kod ugradbe betona su prema prilikama upotrebljavani i pervibratori. Na taj način je bilo zajamčeno postizavanje monolitnosti i nepropusnosti betona.

Dopušteni tlačni napon bio je 158 kg/cm², a u pojedinim dijelovima konstrukcije bio je napon betona i 350 kg/cm².

Napon željeza ispod vodene linije kod puno natovarenog broda iznosio je 850 kg/cm², napon željeza za sve dijelove broda iznad vodene linije 1 130 kg/cm², a napon u razdjelnim željezima 1 410 kg/cm².

Kada su sva tri broda bila u doku gotova za spuštanje u more, puštena je voda u dok, po izjednačenju vodostaja, otvoren je dok i plivajući betonski brod izvučen. Nakon što su brodovi bili izvučeni, dok se ponovno zatvorio, voda iscrpla i moglo se započeti sa gradnjom nove serije brodova. Za daljnje dogotavljanje brodovi su se uvozili u drugi, 370 m dugi dok, gdje su se postavljali strojevi, jarboli i ostali uređaji. Nakon dovršenja oprema dolazio je brod u posebni specijalni dok, gdje se vršila posljednja kontrola dna i dijelova bokova broda, koji se nalaze ispod vodene linije.

Prije puštanja u pogon bila je konstrukcija broda podrobno ispitivana, a naročito njegova nepropusnost.

Preveo *M. F.*

VIADUKT PREKO ZALIVA CHESAPEAKE U SAD

(Le Génie Civil, Paris, januar 1954)

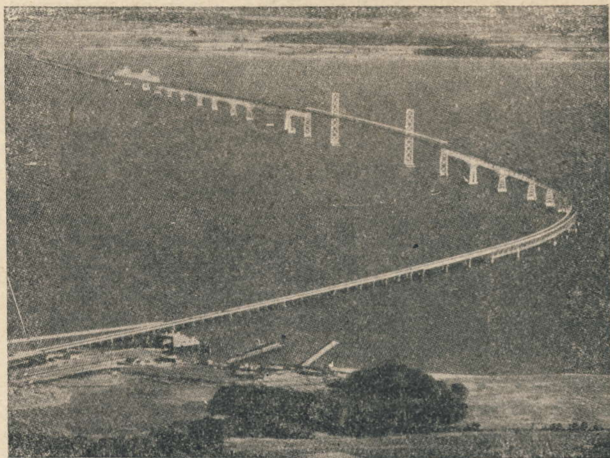
Viadukt Chesapeake spaja američko kopno sa poluotokom Delaware, a leži na autoputu koji veže New York sa Philadelphijom i Washingtonom. Dug je 6,5 km (sa privoznim rampama 12 km), pa zauzima treće mjesto među velikim viaduktima na svijetu.

Viadukt ima 123 polja (slika 1). Najveći raspon iznosi 488 m. U tom polju i u dva susjedna polja (po 201 m) most je izveden kao viseći most sa 2 čelična kabela promjera 450 mm, dužine 1200 m (svaki kabel se sastoji od 55 profila 43 mm i 6 profila 23 mm).

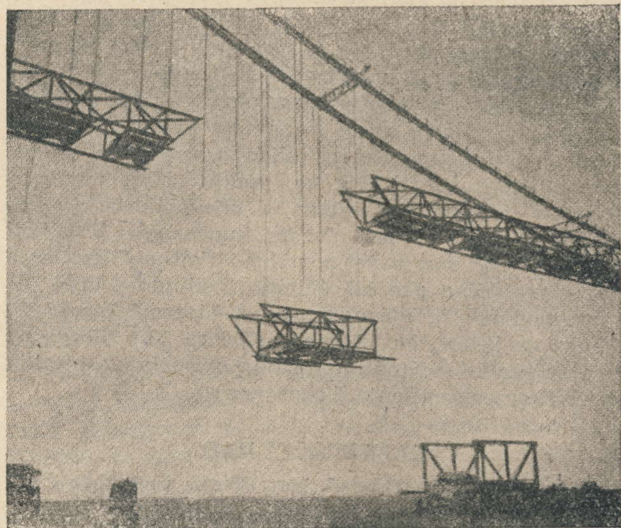
U polju raspona 488 m predviđen je prolaz lađa ispod mosta. Slobodna plovna visina od razine mora do ispod mosta zinosi 57 m, a dubina mora na tom mjestu iznosi 28 m.

S obzirom na prirodu terena i zahtjeve navigacije viadukt u tlocrtu ima oblik 2 pravca spojena lukom.

Ukupna širina mosta iznosi 10,40 m, a širina kolovoza 8,55 m. Armirana betonska mosna ploča ima debljinu 14 do 16 cm, a asfaltni gornji sloj 5 cm.



Zbog male nosivosti terena (do pećine se nije nigdje došlo, gornji slojevi su od mulja, donji od pijeska) fundiranje stupova bilo je teško naročito tamo gdje su veće dubine mora. Svi stupovi na plićima mjestima i jedna polovina stupova na dubljim mjestima fundirani su u otvorenim građevnim jamama (u zagatima i sl.). Preostali stupovi (njih 28) fundirani su ovako: najprije je na mjestu budućeg stupa izbagerovan plato, zatim je zabijen manji broj (8 do 16) kraćih šipova od čeličnih cijevi promjera 35 cm, dužine 7 do 15 m. Šipove su ronioci podrezali sve na istu visinu (razinu plato-a), na njih učvrstili I nosioce profila 30 cm pomoću navarenih čepova, a na te nosioce drven pod. U podu su ostavljene rupe, kroz koje su zabijeni nosivi šipovi od čeličnih H profila 35 cm (broj tih šipova varira između



24 i 104 kom., a najveća dužina iznosi 24 m). Ronioci su šipove podrezali na visinu 3—4 m iznad poda; zatim su dovučeni morem i spušteni na drveni pod otvoreni kesoni sistema »Potomac«. To su čelični sanduci, u najdonjem dijelu cilindrični, velikog promjera, gore mnogo uži, čunjasti. U te kesone je sipan beton u vodu sve do kote —2,50 m ispod razine mora. Iznad kote —2,50 m do kote +6 m betonirano je u suhom; tu počinju čelični stupovi (kod visećeg mosta dva srednja čelična stupa imaju visinu preko 100 m).

Najveće poteškoće pružalo je fundiranje zakotvenja visećeg mosta (koje je spojeno sa temeljima stupova najbližih susjednih polja do visećeg mosta).[1]

Težina čeličnih konstrukcija iznosi 27 000 tona. Gotovo sve su montirane bez skela. One su većinom sastavljene na montažnoj platformi u blizini obale, a zatim prevlačene dereglijama na lice mjesta.

I pojedine sekcije visećeg mosta (dužine 24,4 m) montirane su na obali, a zatim prevožene morem i pomoću dizalica obješenih na kabele postavljene na svoje mjesto (slika 2).

Taj je viadukt djelo ogromnih dimenzija, kod čije su se izvedbe pojavili mnogi delikatni problemi. Poteškoće su bile povećane vrlo nepovoljnim atmosferskim prilikama na tom mjestu (česte i iznenadne oluje i magle). Projektanti i ujedno rukovodioci radova bili su inženjeri J. E. Greiner i Co. *B. P.*

MOST OD ALUMINIJA

(Cib Bulletin, Rotterdam, broj 1/1954)

U 1953 godini trebalo je u Düsseldorfu povodom izložbe »Svi treba da žive bolje« spojiti mostom dva izložbena kompleksa preko jedne žive ulice. Most će i kasnije ostati u upotrebi. On ima raspon 55 m, širina 8 m, služi samo za pješake. Upotrebljen je aluminij s jedne strane zbog kraćeg roka dobave, a s druge strane, jer je time industrija lakih metala dobila dobrodošli izložbeni objekt (vidi sliku).



Upotrebljena je legura Al Mg Si F 32 sa čvrstoćom 3 200 kg/cm², granicom iztezanja 2 500 kg/cm², modulom elastičnosti 700 000 kg/cm², specifičnom težinom 2,7. Uz koeficijent sigurnosti 1,71 bilo je računato s dopuštenim naponom 1 460 kg/cm².

Kako je aluminij u poredbi sa čelikom mek, morala se izrada i montaža konstrukcije vršiti s naročitom pažnjom. Radnici nisu smjeli nositi cipele okovane čavlima. Umjesto čeličnih čekića i lanac aupotrebljeni su čekići obloženi kožom, konopljena užeta i t. d. Glavni nosači su spojeni čeličnim zakovicama. Poprečni nosači su spojeni pocinčanim vijcima. *B. P.*

---

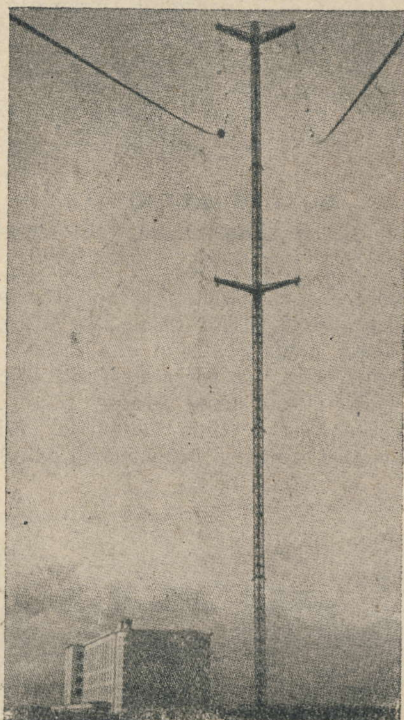
[1] Engineering News Record objavio je u svom broju od 24 decembra 1953 članak o izgradnji umjetnih otoka oko zakotvljenja. Ti su se otoci morali izgraditi, da bi se onemogućilo lađama da se (kod magle, vjetra i sl.) suviše približe zakotvljenju i kabelima visećeg mosta. Ako bi lađe zapele za kabel, mogle bi same da nastradaju, a možda i da upropaste most. Kako je dubina mora u blizini zakotvljenja prilično velika (12—17 m), radovi oko nasipanja otoka bili su teški i stajali su oko 2 miliona dolara.

ANTENSKI STUP 308 m VISOK

(Le Génie Civil, Paris, februar 1954)

Antena nove odašiljačke stanice za duge valove u mjestu Allouis u centralnoj Francuskoj posve je novog tipa sa stanovišta radio-tehnike (vidi sliku). Ona se sastoji od 3 vertikalne antene sa po 7 žica (svaka dužine 170 m +120 m i 6 kosih antena sa po 4 žice dužine po 130 m). Vertikalne antene dužine 120 m obješene su na konzolama istaka 19 m na koti 300 m, a antene dužine 170 m na konzolama istog istaka na koti 174 m. Kose antene su učvršćene na konzolama na koti 300 m (po dvije na jednu konzolu) i napete pomoću kosih kabela koji su zakotvljeni u teren.

Nosivu konstrukciju sačinjava:



— stup 308 m visok od rešetkaste čelične konstrukcije, koji u horizontalnom presjeku ima oblik trokuta sa dužinom stranice 3,80 m; stup je ukotvljen na 5 mjesta sa po 3 kosa čelična kabela (na slici se jasno vide mjesta gdje su kabeli učvršćeni na stup);

— šest konzola 19 m istaka, od kojih tri na koti 300 m, a tri na koti 174 m (na slici se vide dvije gornje i dvije donje konzole, dvije konzole ne vide se, jer su iza stupa); konzole su rešetkaste konstrukcije pravokutnog presjeka, čvrsto su spojene sa stupom, a gornje tri povrh toga i zavješene užetima za stup na koti 308 m.

Obzirom na višestruku statičku neodređenost cijele konstrukcije, statički račun je bio kompliciran i časopis Le Génie Civil obećava donijeti o njemu zaseban članak. *B. P.*

NAFTOVODI U IRAKU

(Le Génie Civil, Paris, januar 1954)

U 1934 god. bili su dovršeni prvi naftovodi za povezivanje naftonosnih polja u Iraku kod Kirkuka sa Tripoli-jem u Libanu i Haifom u Palestini. Dužina tih naftovoda iznosi 855 odnosno 999 km, a promjer i jednog i drugog voda iznosi 30 cm. Svaki vod može da prenese 2 miliona tona nafte godišnje. Međutim, proizvodnja nafte u Kirkuku dostigla je cifru od 4 miliona tona godišnje već u 1937 god., i kapacitet naftovoda bio je time iscrpljen.

Zato se odmah poslije završetka Drugog svjetskog rata pristupilo izgradnji dvaju novih vodova promjera 40 cm, koji su vođeni paralelno s prvim vodovima promjera 30 cm, ali je dovršen samo jedan vod (sjeverniji). Drugi vod, onaj koji je trebao da vodi u Haifu, nije dovršen, zbog neprijateljstva između Izraela i arapskih država.

Međutim, proizvodnja nafte je rasla, i 1949 god. započeta je izgradnja novog voda, promjera 75 cm, od Kirkuka do Baniasa (luke u Sredozemnom moru, koja leži oko 100 km sjeverno od Tripoli-ja). Stvarno su upotrebljene cijevi promjera 80, 75 i 65 cm, koje su zbog uštede brodskog prostora kod prevoza iz Amerike bile utaknute jedna u drugu. Ukupna težina cijevi iznosi 183 000 tona. Cijevi su bile izrađene u dužinama 9,45 m od čeličnih limova varenjem uzdužnog šava, a polagane su u zemlju. Polaganje cijevi u ljetnim mjesecima vršeno je noću, a u zimskim danju. Cijevi su na spojevima zavarene, izvana izolirane protiv vlage i toplinski, a zatim zasute zemljom u debljini 15 cm.

Ukupna dužina toga najnovijeg voda iznosi 888 km. Polaganje je dovršeno u 1952 god., a kapacitet prenosa iznosi 40 000 t nafte dnevno. Kapacitet instalacija za utovar nafte u brodove u Baniasu iznosi zasada 13 miliona tona godišnje. *B. P.*

TRIDESET GODINA GRAĐENJA RADNIČKIH STANOVA U BEČU

(Cib Bulletin, Rotterdam, broj 1/1954)

Između dva svjetska rata sagrađeno je u Beču 67 000 radničkih stanova iz sredstava grada: poreza za gradnju stambenih zgrada, poreza na luksuz, doprinosa iz ostalih komunalnih fondova. Stanarine su bile niske i nisu osiguravale amortiziranje investiranog kapitala. Poslije drugog svjetskog rata grad je pojačano nastavio s gradnjom stanova iz javnih sredstava i vjerojatno će u prvoj polovini 1954 godine biti predan na upotrebu 100 000-ti općinski stan. Kako u Beču ima u svemu 670 000 stanova, znači da je 17% svih bečkih stanova izgrađeno iz javnih sredstava bez profita.

U prosjeku iznosi stambena površina jednog stana 47,7 m^2. Najviše se grade stanovi sa sobom za dnevni boravak (koja ima nišu za kuhanje), spavaćom sobom, ulazom, kupaonom i WC, koji imaju 44 m^2 stambene površine, i stanovi sa sobom za dnevni boravak, kuhinjom, 2 spavaće sobe, ulazom, kupaonom i WC, koji imaju 57 m^2 stambene površine. Troškovi građenja iznose prosječno oko 375 šilinga (1 šiling = 11,54 dinara) za 1 m^3 izgrađenog prostora, ili prosječno 85 000 šilinga za jedan stan. Stanarina iznosi 1,67 šilinga po 1 m^2 mjesečno (od toga je 1 šiling stanarina, a ostatak su troškovi upravljanja i održavanja).

B. P.

KAŽNJENIČKI RAD

(Engineering News Record, New York, decembar 1953)

U državi Virginia dalo je Savjetodavno zakonodavno vijeće preporuku da se smanji upotreba kažnjeničke radne snage na cestama i da se ona zaposli kod pošumljivanja goleti, radova na zaštiti tla, na podizanju parkova i igrališta i ekonomijama kaznionica. U izvještajima vijeća se tvrdi, da su radovi na cestama, koje izvode kažnjenici, skuplji nego radovi izdani u rad privatnim poduzećima.

Sada je zaposleno na cestama u Virginiji oko 1800 kažnjenika. Učešće kažnjeničke radne snage kod novogradnje cesta iznosi 14,6%, a na održavanju cesta 5,5%.

Udruženje cestograđevnih poduzeća u Virginiji tvrdi, da cestovna uprava mora platiti 67 centi za jedan kažnjenički sat (ili 90% od pune satnine nekvalificiranog radnika na slobodi), dok izdržavanje jednog kažnjenika na cesti stoji državu 1007 dolara, a u zatvoru 481 dolar.

Međutim, biro za ekonomska istraživanja Univerziteta u Virginiji tvrdi, da kažnjenički rad ne ugrožava prosperitet privatnih poduzeća, i smatra da kažnjenike treba i dalje zaposlivati na cestama.

I u drugim državama USA postavlja se isti problem konkurencije kažnjeničke radne snage. Na pr., North Caroline upotrebljava tri puta više kažnjeničku radnu snagu na cestama nego Virginia.

Opće je mišljenje, da će se problem smjeti rješavati samo postepeno.

E. P.

BIBLIOGRAFIJA

Ing. Petar Senjanović: RIJEČKA LUKA U SAOBRAĆAJNOM SISTEMU JUGOSLAVIJE

(Štampano u izdanju Matice Hrvatske: »Rijeka-Zbornik«, Zagreb 1954, str. 133—152)

U svojoj sažeto i sadržajno pisanoj studiji autor proučava u različitim vidovima značenje riječke luke u saobraćajnom sistemu Jugoslavije. Na početku izlaže historijat postanka luke i razvoj njezinog značenja s obzirom na usavršavanje komunikacija u zaleđu.

More, kao izravan i najjeftiniji prevozni put između kontinenata, treba koristiti do najdaljih granica do kojih ono prodire u unutrašnjost kopna. Zato su Trst i Rijeka, koji leže na najsjevernijim točkama duboko uvučenog Jadranskog mora, upravo predodređeni da postanu važna lučka mjesta. Trst je bio poznat kao luka još u drugom stoljeću prije naše ere; 1819 god. bio je proglašen slobodnom lukom. Od 1832—1919 g. pripadao je Austriji, i to je bilo vrijeme njegovog najvećeg uspona. Rijeka nije imala, zbog nerazvijenih saobraćajnih veza sa zaleđem, sve do 1809 god. gotovo nikakvog značenja. Te godine je dovršena znamenita Lujzinska cesta i otada ustvari počinje povijest »Riječke luke«. Važnost Trsta i Rijeke ogromno je porasla u drugoj polovini prošlog vijeka, kada su spojeni željezničkim saobraćajnim vezama sa svojim zaleđem, tada moćnom Austro-Ugarskom. Izgradnjom željezničkih pruga Beč—Trst (dovršena 1857 god.), Zagreb—Rijeka (dovršena 1873 god.) i Rijeka—Šent Peter (1874 god.) postaju Trst i Rijeka značajne luke, kojima u pogledu prometa sa srednjom i istočnom Evropom nema takmaca. Talijanske su luke ne samo suviše udaljene, već i teško pristupne preko planinskog alpskog masiva.

Prosperitet tršćanske i riječke luke prekinut je 1919 god., kada je poslije raspada Austro-Ugarske granica između Italije i bivše Jugoslavije gurnuta sve do Rječine.

Ista griješka kao 1919 god. sa Trstom i Rijekom ponovljena je 1945 god. sa Trstom. I letimičan pogled na mapu dovoljan je da uvjeri svakog objektivnog promatrača, da napredak Trsta ovisi o tom kako usko će biti povezan sa Jugoslavijom, koja tvori njegovo prirodno zaleđe i preko koje vode njegove najpovoljnije saobraćajne veze za čitavu Srednju Evropu. Sa zapadne, talijanske strane Trst ne može očekivati veliki promet — preblizu je Venecija. A kroz talijanski teritorij prema sjeveru vodi samo jedna obilazna pruga — preko Gorice, Vidma (Udine) i Trbiža (Tarvis) do Beljaka (Villach) — na koju je Italiji velikim financijskim žrtvama (rekonstrukcijom, elektrifikacijom i tarifnim povlasticama) uspjelo između dva svjetska rata svratiti dio prometa iz Austrije, ali koja sama ne može osigurati Trstu prosperitet (a naročito ne s obzirom na to da je i tu Venecija opasan konkurent).

Međutim, sve dotle dok Trst bude vještačkim sredstvima razgraničenja odvajan od svoga zaleđa, kaže autor, nova Jugoslavija ne će imati ni povoda ni mogućnosti da doprinosi unapređivanju Trsta, već će svu svoju pažnju morati posvetiti Rijeci.

Položaj Rijeke u saobraćajnom sistemu Jugoslavije neobično je povoljan. Elektrificirana pruga Rijeka—Šent Peter spaja je s prugom Trst—Beč, a preko nje i s prugom za Jesenice, Austriju, Bavarsku i Čehoslovačku. Pruga prema Zagrebu veže je s istočnim dijelom FNRJ, Mađarskom i Podunavljem. Povezana je i sa Dalmacijom (ličkom prugom).

Da bi se povoljan položaj Rijeke iskoristio što bolje i ona podigla na rang luke evropskog značaja, autor predlaže ovo:

1. Srediti službu čitavog kompleksa riječke luke. Autor naglašava da riječko pitanje ne treba rješavati isključivo kao nacionalni ili politički problem, već u prvom redu kao saobraćajni problem. Za svaki dijelić jedinstvene luke od Kantride do Kraljevice treba odrediti funkciju (drvo, rudača, ugalj, koks, natkrivena skladišta za razne vrste robe, silosi), a zatim pristupiti proširenju i mehanizaciji lučkih postrojenja, slagališta i t. d. Autor sa zadovoljstvom ističe koliko je mnogo u tom pravcu (a naročito i na obnovi teško oštećene luke) učinjeno od oslobođenja do danas, i dokumentira to ovim brojkama:

1913 god.	promet riječke i sušačke luke iznosio je: (a zaleđe je bila cijela Austro-Ugarska)	2 100 000 t
1939 god.	Rijeka je imala promet	360 000 t
	Sušak	738 000 t
1946 god.	Rijeka sa Sušakom	623 000 t
1950 god.	Rijeka sa Sušakom (od toga 8% tranzit za kominformovske zemlje)	2 383 000 t
1952 god.	Rijeka sa Sušakom (od toga neznatan dio za Austriju).	2 267 861 t

2. Elektrificirati prugu Zagreb—Rijeka. Elektrifikacija prvog dijela od Rijeke do Srpskih Moravica već je u radu. Elektrifikacijom toga dijela pojeftinit će prevoz i znatno će se povećati propusna moć i kapacitet pruge. Umjesto sadašnjih 17 300 bruto tona na dan, pruga će moći prevesti 32 700 bruto tona na dan.

3. Izgraditi izravnu željezničku vezu Istre sa Rije-

kom (od Matulja tunelom ispod Učke). Tom vezom dobila bi se i druga veza s taurskom prugom (Austrijom) preko Gorice.

4. Približiti vodene puteve Dunav i Sava što više Rijeci. Pod tim autor razumije ove radove: plovni kanal Vukovar—Šamac i plovno-melioracioni kanal Sisak—Zagreb (odnosno alternativno: osposobljenje za plovidbu Kupe od Siska do Karlovca). Plovni kanal Vukovar—Šamac imao bi dužinu oko 60 km, a njime bi se skratio sadašnji vodeni put Dunavom iz Vukovara preko Zemuna do Siska od 763 km na 343 km, dakle za čitavih 420 km. Ostvarenjem ovog starog projekta otvorile bi se nove perspektive za prevoz robe Dunavom i Savom, a Rijeka kao prekomorska luka postala bi interesantnom za velik dio Srednje Evrope, sposobna da konkurira i Braili i lukama na Sjevernom moru. Još veću važnost bi taj plovni put dobio, ako bi se pretovar robe iz brodova na željeznicu i obratno vršio ne u Sisku već u Karlovcu (tako bi Karlovac opet postao pretovarna luka, kao što je to bio sredinom prošlog vijeka!). Prevoz robe željeznicom skratio bi se na 176 km, odnosno autoputom na 124 km (toliko iznosi udaljenost Karlovac—Rijeka rekonstruiranom cestom).

5. Sprovoditi pravilnu trgovinsku i tarifnu politiku. Pod tim autor misli na međunarodne trgovačke ugovore, preferencijalne carine, kombinirane kopneno-prekomorske tarife, transportne i fiskalne povlastice i t. d.

Značenje riječke luke je već odavno poznato, ali često se negiraju ili zaboravljaju i takve stvari, kojih je istinitost očevidna i koje se same od sebe nameću. Zato smatram da je vrlo dobro što je ova studija napisana, a našim čitaocima preporučam da potraže simpatičan zbornik o gradu Rijeci i studiju pročitaju u cijelosti.

B. P.

MECHANICS OF VIBRATION. — Holger M. Hansen, Professor of Engineering Mechanics. University of Michigan; **Paul S. Chenea,** Associate Professor of Engineering Mechanics. Nnivesity of Michigan. — New York, John Wiley & Sons, Inc. 1952, $ 8,00.

Sadržina djela vidi se iz naslova, a za bit sadržine vrijedi u potpunosti podnaslov na omotu, koji vjerojatno potiče od izdavača (jer ga nema na naslovnoj strani), a glasi: »A well balanced presentation of fundamental theory«. Na 324 strane teksta zbijeno, ali vrlo pregledno i dobro sistematizirano, izložena je osnovna teorija oscilacija u obimu, koji, pored sadržaja osnova, ponegdje zasijeca i u specijalna poglavlja, koja se u literaturi na engleskom jeziku obično navode u kursevima pod naslovom Advanced Dynamics.

Jednostavnost izlaganja je opća karakteristika djela, a pored toga nalazimo u njemu i originalnosti. Tako, na primjer, originalno je izlaganje prisilnih oscilacija materijalne točke rastavljanjem u dva dijela: a) dio, koji izvodi slobodne oscilacije sa frekvencijom poremećajne sile i b) dio, koji troši svu energiju što pritiče od poremećajne sile.

Problem lateralnih vibracija osovine prikazan je u tako pristupačnoj formi, da će i kod početnika stvoriti sasvim jasnu i ispravnu sliku o toj pojavi. Isto je tako i svojstvo međusobne ortogonalnosti pojedinih formi vibracija višestepenog sistema izloženo sasvim jednostavno i lako pristupačno. Lagrange-ove jednadžbe date su u punom obimu i s pojmom disipativne funkcije.

Tretiranje prisilnih oscilacija s prigušenjem (Forced Vibrations with Damping) pored uobičajenog načina dano je i rastavljanjem na elemente. Stiče se utisak da je ovo drugo suvišno, što donekle priznaju i sami autori.

Glavna je odlika djela poglavlje »The Mobility Method and the Use of the Complex Variable«, koje obuhvaća skoro četvrtinu knjige. Pojam impedance i primjena kompleksnih varijabla u teoriji mehaničkih oscilacija (što uglavnome čini osnovnu sadržinu te metode) nisu novi, ali sa sistematskom razradom i primjenom tog pojma autori su otišli, kako se čini, najdalje.

Mobility Method osobito je prikladan za otvorene sisteme, dok se kod zatvorenih ne izbjegava rješenje sistema linearnih jednadžbi s kompleksnim nepoznanicama. Ta je metoda proširena i na sisteme s distribuiranom masom (krute ploče na elastičnoj podlozi). Tu bi se moglo primijetiti, da je suviše kratko objašnjena uloga i položaj glavnih osi i centra frekvencija (The Frequency centroid), što će vjerojatno stvarati poteškoće početnicima.

Veza između klasične metode sa diferencijalnim jednadžbama i Mobility Method sasvim je očigledna u slučaju sistema sastavljenih od materijalnih točaka, dok se kod sistema s distribuiranim masama ta očiglednost gubi.

Za rješenje jednadžbe frekvencija, odnosno za određivanje frekvencija višestepenih sistema, od svih mnogobrojnih postupaka navedena su samo dva i to: Holzerov i Graeffeov, pri čemu su se autori rukovodili načelom, koje je izrečeno u tekstu: »Indeed it is far better to be proficient in one or two methods than to have a broad but hazy notion of the multitude of these procedures that have been developed in the past century«.

Oscilacije sistema s beskonačno mnogo stepena slobode (kontinuirani sistemi) prikazane su vrlo pregledno, zahvaljujući prikladnom sistematiziranju i grupiranju materijala. Najprije su izvedene diferencijalne jednadžbe za različite standardne slučajeve (lateralne vibracije zategnute niti, longitudinalne vibracije grede, torzione vibracije osovine, lateralne vibracije grede), naglašeno je, da su te jednadžbe istog ili skoro istog tipa, zatim je dano opće rješenje diferencijalne jednadžbe valova, a nakon toga se prešlo na određivanje graničnih uvjeta u različitim slučajevima. Iza točnih rješenja dana su i aproksimativna, pomoću metoda energije.

Dalje je izložen uticaj sile, koja počinje djelovati odjednom i ostaje stalna (Step Function), a na temelju toga prelazi se na promatranje djelovanja impulsa i na djelovanje sile općeg oblika. Rješenje tog slučaja dano je pomoću Duhamelove integralne formule.

U posljednjem poglavlju knjige izložene su oscilacije nelinearnog karaktera. Za sisteme s nelinearnim prigušenjem dano je rješenje pomoću lineariziranja sistema.

Opći ugodan utisak, koji se dobiva sadržajem knjige i izlaganjem materijala, dopunjuje se vanjskom formom i opremom knjige.

Dr. ing. V. Andrejev

Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: »Tipografija« grafičko-nakladni zavod, Zagreb.